
Sammlung Göschen
Kartenkunde
geschichtlich dargestellt
von
Hofrat E. Gelcich
Prof. F. Sauter und Dr. Paul Dinse
Dritte Auflage
revidiert und erweitert
von
Dr. M. Groll
Kartograph in Berlin
Mit 71 Abbildungen

Ein ausführliches Verzeichnis der bisher erschienenen Nummern befindet sich am Schluß dieses Bändchens

Geographische Bibliothek

aus der Sammlung Göschen.

Jedes Bändchen elegant in Leinwand gebunden **80 Pfennig.**

Physische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen Nr. 26.

Astronomische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.

Klimakunde. I: Allgemeine Klimalehre von Professor Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Tafeln und 2 Figuren. Nr. 114.

Meteorologie von Dr. W. Trabert, Professor a. d. Universität in Innsbruck. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.

Physische Meereskunde von Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 28 Abb. im Text u. 8 Tafeln. Nr. 112.

Die Alpen v. Dr. Rob. Sieger, Priv.-Doz. a. d. Universität u. Prof. a. d. Exportakademie des k. k. Handelsmuseums i. Wien. Mit 19 Abb. u. 1 Karte. Nr. 129.

Gletscherkunde von Dr. Fritz Machacek in Wien. Mit 5 Abbildungen im Text und 11 Tafeln. Nr. 154.

Tiergeographie von Dr. Arnold Jacobi, Professor der Zoologie an der Königlichen Forstakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.

Pflanzengeographie von Professor Dr. Ludwig Diels, Privatdozent an der Universität Berlin. Nr. 389.

Länderkunde von Europa von Dr. Franz Heiderich, Professor am Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 14 Textkärtchen und Diagrammen und einer Karte der Alpeneinteilung. Nr. 62.

— **der außereuropäischen Erdteile** von Dr. Franz Heiderich, Prof. am Francisco-Josephinum in Mödling. M. 11 Textkärtchen u. Profil. Nr. 63.

Landeskunde der Iberischen Halbinsel v. Dr. Fritz Regel, Prof. a. d. Univ. Würzburg. M. 8 Kärtch. u. 8 Abb. i. Text u. 1 Karte i. Farbendruck. Nr. 235.

— **von Österreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Professor an der Universität Berlin. Mit 10 Textillustrationen und 1 Karte. Nr. 244.

— **des Europäischen Rußlands nebst Finnlands** von Dr. A. Philippson, Professor der Geographie an der Universität Halle a. S. Nr. 359.

— **der Schweiz** von Gymnasiallehrer Dr. H. Walser in Bern. Mit Abbildungen und einer Karte. Nr. 398.

— **von Skandinavien** (Schweden, Norwegen und Dänemark) von Heinrich Kerp, Lehrer am Gymnasium und Lehrer der Erdkunde am Comenius-Seminar zu Bonn. Mit 11 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 202.

— **von Britisch-Nordamerika** von Professor Dr. A. Oppel in Bremen. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 284.

— **der Vereinigten Staaten von Nordamerika** von Prof. Heinrich Fischer in Berlin. Mit Karten, Figuren im Text und Tafeln. 2 Bändchen. Nr. 381, 382.

— **und Wirtschaftsgeographie des Festlandes Australien** von Dr. Kurt Hassert, Professor an der Handelshochschule in Köln. Mit 8 Abbildungen, 6 graphischen Tabellen und 1 Karte. Nr. 319.

Wenden!

Landeskunde der Republick Brasilien von Rodolpho von Jhering. Mit 12 Abbild. und einer Karte. Nr. 373.

— **des Königreichs Bayern** von Dr. W. Götz, Professor an der Königl. Techn. Hochschule München. Mit Profilen, Abb. und 1 Karte. Nr. 176.

— **des Königreichs Sachsen** von Dr. J. Zemmrich, Oberlehrer am Realgymnasium in Plauen. Mit 12 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 258.

— **des Königreichs Württemberg** von Dr. Kurt Hassert, Professor an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 157.

— **von Baden** von Professor Dr. O. Kienitz in Karlsruhe. Mit Profilen, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 199.

— **von Elsaß-Lothringen** von Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. Mit 11 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 215.

— **der Rheinprovinz** von Dr. V. Steinecke, Direktor des Realgymnasiums in Essen. Mit 9 Abb., 3 Kärtchen u. 1 Karte. Nr. 308.

— **des Großherzogtums Hessen, der Provinz Hessen-Nassau und des Fürstentums Waldeck** von Prof. Dr. Georg Greim in Darmstadt. Mit Profilen, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 376.

Landes- und Volkskunde Palästinas von Privatdozent Dr. G. Hölscher in Halle a. S. Mit 8 Vollbildern und einer Karte. Nr. 345.

Völkerkunde von Dr. Michael Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. Mit 56 Abbildungen. Nr. 73.

Kartenkunde, geschichtlich dargestellt von E. Gelcich, Direktor der k. k. Nautischen Schule in Lussinpiccolo und F. Sauter, Professor am Realgymnasium in Ulm, neu bearbeitet von Dr. Paul Dinse, Assistent der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin. Mit 70 Abbildungen. Nr. 30.

Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Sammlung Göschen

Kartenkunde

geschichtlich dargestellt

von

Hofrat E. Gelcich

Prof. F. Sauter und **Dr. Paul Dinse**

Dritte Auflage

revidiert und erweitert

von

Dr. M. Groll
Kartograph in Berlin

Mit 71 Abbildungen



Leipzig
G. J. Göschen'sche Verlagshandlung
1909

Spamersche Buchdruckerei in Leipzig

Inhaltsverzeichnis.

Zweiter Teil. — Topographie.

Dritter Teil. — Der Kartenentwurf.

Wichtigste Literatur über Kartenkunde.

D'Avezac, Coup d'oeil historique sur la projection des cartes de géographie. Bulletin de la Société de Géographie de Paris. April—Juin 1863. Als Separatabzug auch im Buchhandel erschienen.
In den Anmerkungen zum Text sehr reichhaltige Quellen- und Literaturangaben.

Breusing, Das Verebnen der Kugeloberfläche für Gradnetzentwürfe. Leipzig 1892.
Behandelt die Kartenprojektionslehre nach ganz neuen elementaren Prinzipien und zeichnet sich durch die möglichst konsequente Einführung der deutschen Nomenklatur aus. Enthält viele geschichtliche Notizen und sorgfältig ausgeführte Tafeln.

Doergens, Theorie und Praxis der geographischen Kartennetze. Berlin 1870.
Ist unvollendet geblieben; es erschien nur der I. Teil, welcher die perspektivischen Projektionen behandelt.

Fiorini, Le projezioni delle carte geografiche. Bologna 1881.
Erfordert Kenntnisse aus der höheren Mathematik. Reich mit geschichtlichen Notizen besät. Entwickelt das Tissotsche Deformationsprinzip. Das beste und ausführlichste Werk über Kartenprojektion.

Germain, Traité des projections des cartes géographiques. Paris 1866.
Ein modernes Werk für das höhere Studium.

Gretschel, Lehrbuch der Kartenprojektion. Weimar 1873.
Stützt sich im großen und ganzen auf das Lehrbuch von Germain und enthält viele geschichtliche Notizen.

Günther, Lehrbuch der Geophysik und physikalischen Geographie. Stuttgart 1884. Bd. I. 2. Aufl. Stuttgart 1897.
Behandelt im ersten Bande alle wichtigen Abbildungsmethoden mit besonderer Beziehung auf ihre Verwendbarkeit für bestimmte Zwecke.

Günther, Physische Geographie. Sammlung Göschen Nr. 26.

Haentzschel, Das Erdsphäroid und seine Abbildung. Leipzig 1903.
Wichtig für das Studium der preußischen Polyederprojektion.
Herrle, Gustav, A Manual of Conventional Symbols and Abbreviations in use on the Official Charts of the principal Maritime Nations. Washington 1903.
Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. 3 Bde. Stuttgart 1895/96.
Sehr wichtig für den topographischen Teil.
Kampmann, Die graphischen Künste. Sammlung Göschen Nr. 75.
Für die Reproduktionsverfahren von Karten mit einzusehen.
Koßmann, Terrainlehre und Terraindarstellung. Potsdam 1891.
Krümmel und Eckert, Geogr. Praktikum. 1908.
Lambert, Beiträge zum Gebrauche der Mathematik und deren Anwendung. 3 Teile. 1765—1772.
Obwohl alt, enthält dieses Buch doch vorzügliche Abhandlungen über Abbildungsmethoden, gründet sich jedoch auf höhere Mathematik.
Lehmann, Darstellung einer neuen Theorie der Bergzeichnung der schiefen Flächen im Grundriß, oder der Situationszeichnung der Berge. Leipzig 1799.
Epochemachende Schrift. Begründung der Methode der Vertikalschraffen.
Lehmann, Rich., Das Kartenzeichnen im geographischen Unterricht. Halle 1891.
Lelewel, Géographie du moyen-âge. 4 Bde. Bruxelles 1852—57.
Nützliches Werk für das Studium der Geschichte der Kartenkunde im Altertum und Mittelalter.
Littrow, Chorographie oder Anleitung, alle Arten von Land-, See- und Himmelskarten zu verfertigen. Wien 1833.
Ein vorzügliches Lehrbuch über Kartenprojektionslehre für das höhere Studium bestimmt. Enthält ein gutes Verzeichnis der bisherigen Literatur.
Möbius-Wislicenus, Astronomie. 10. Auflage. Sammlung Göschen Nr. 11.
Musterblätter für topographische Arbeiten. Berlin 1904.
Peucker, Schattenplastik und Farbenplastik. Wien 1898.
Wichtig für die Darstellung des Gebirges in Höhenschichten.
de Santarem, Essai sur l'histoire de la cosmographie et de la cartographie pendant le moyen-âge. 3 Bände. Paris 1849—52.
Schulze, Franz, Nautik. Sammlung Göschen Nr. 84.
Steinhauser, Grundzüge der mathematischen Geographie und der Landkartenprojektion. 3. Aufl. Wien 1887.
Gründet sich auf elementare Kenntnisse und kann auch von Lernenden der höheren Klassen der Mittelschulen gebraucht werden.
Streffleur, Allgemeine Terrainlehre. Wien 1876.
Tissot, Mémoire sur la représentation des surfaces et les projections des cartes géographiques. Paris 1881.
Bildet eine Untersuchung der bei den Abbildungen hervorgebrachten Verzerrungen, begründet auf eine neue Art der Analyse derselben; ein Werk von höchster Bedeutung, sowohl für das höhere Studium, als auch für den praktischen Kartographen. Eine deutsche Bearbeitung desselben gab Hammer heraus (Stuttgart 1887).
Tschamler, Das Kartenlesen. 1897.
Vital, Die Kartenentwurfslehre (in Klars Erdkunde). Wien 1903.
Wagner, Leitfaden durch den Entwickelungsgang der Seekarten. Bremen 1895.
Inhaltsreicher Führer durch die historische Seekartenausstellung auf dem XI. Deutschen Geographentag in Bremen.
Wagner, Lehrbuch der Geographie. 1903.
Vorzügliches Resümee alles Wissenswerten.
Wauwermans, Histoire de l'école cartographique Belge et Anversoise du XVI. siècle. 2 Bde. Bruxelles 1895.
Weit angelegtes, aber nicht auf der Höhe der Forschung stehendes Buch. Viel biographisches Material.

Wenz, Die mathematische Geographie in Verbindung mit der Landkartenprojektion. München 1883.

Der Kartenprojektionslehre ist ein Kapitel mit den nötigen Vorbegriffen aus der Mathematik vorangeschickt. Dem Werke ist ein nützlicher „Atlas zur Landkarten-Entwurfslehre" 1885 gefolgt.

Wolkenhauer, Leitfaden zur Geschichte der Kartographie in tabellarischer Darstellung. Breslau 1895.

Vorzügliches, mit reichen Literaturangaben ausgestattetes Nachschlagebuch.

Zaffauk, Populäre Anleitung für die graphische Darstellung des Terrains. Wien 1888.

Zaffauk, Signaturen in- und ausländischer Plan- und Kartenwerke. 2. Aufl. Wien 1889.

Eine Schlüsselsammlung, um alle Arten von Karten und Plänen zu lesen, nebst Angaben der üblichen Verjüngungsverhältnisse. Außer den Signaturen enthält das Büchlein auch die auf Karten vorkommenden Abkürzungen in 12 Sprachen.

Zondervan, Allgemeine Kartenkunde. 1901.

Elementarer Überblick über das Gesamtgebiet, einschließlich der Reproduktionsverfahren.

Zöppritz, Leitfaden der Kartenentwurfslehre für Studierende der Erdkunde und deren Lehrer. Leipzig 1884. 1. Aufl.

Sehr gut und kurz gefaßt für Geographen.

Derselbe. Zweite Auflage besorgt von Dr. K. Bludau, bis jetzt erschienen 2 Bände, der erste behandelt die Projektionen. Der zweite Band enthält die Anleitung zum Zeichnen sowie zum Messen auf Karten.

Wichtige Aufsätze enthalten ferner fast alle geographischen Zeitschriften, besonders die Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, Petermanns Geographische Mitteilungen, die Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie von Kettler und die Geographische Zeitschrift von Alfr. Hettner. Sehr eingehende und reichhaltige Berichte über die neueren literarischen Erscheinungen auf dem Gebiete der Kartenprojektionslehre, wobei auch die in Zeitschriften usw. enthaltenen Aufsätze vollständig berücksichtigt werden, veröffentlichten S. Günther im IX., X., XII. und XIV. und E. Hammer im XVII.—XXV. Band des „Geographischen Jahrbuchs", seitdem von H. Haack.

Titel und Übersichtsblätter der offiziellen Karten in den Katalogen der betr. Verwaltungen, einige davon auch im Geogr. Jahrb., s. a.: Kartographischer Monatsbericht in Petermanns Geogr. Mitt.

Vorbegriffe.

Grundsätze der Ortsbestimmung.

Die Erde dreht sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit um einen ihrer Durchmesser (NS Fig. 1), welchen man die *Erdachse* nennt, und welcher als solche in ihr und in dem Weltraum eine nahezu unveränderliche Lage hat; die Endpunkte der letzteren heißen Pole, und zwar ist der uns nähere N der *Nordpol*, der entgegengesetzte S der *Südpol* der Erde. Der größte Kreis EQ, dessen Ebene senkrecht auf der Erdachse steht, heißt der *Äquator*, der *Gleicher* oder der *Linie*; seine Ebene teilt die Erde in zwei *Halbkugeln* (*Hemisphären*), von welchen die den Nordpol enthaltende die *nördliche*, die andere die *südliche* heißt. Größte Kreise, welche auf dem Äquator senkrecht stehen und demnach durch die Pole der Erde laufen (NASBN), nennt man *Meridiane* oder *Längenkreise*, ihre Ebenen Meridianebenen; die Erdachse ist die gemeinschaftliche Durchschnittslinie aller Meridianebenen. Im engeren Sinne versteht man unter dem Meridian eines Ortes nur den Halbkreis, der durch den Ort zu den beiden Polen geht; die andere Hälfte des bezüglichen Kreises bezeichnet man als *Gegenmeridian*. So ist NAS der Meridian von A und NBS dessen Gegenmeridian. Schneidet man die Erde durch Ebenen, welche auf der Erdachse senkrecht stehen, so werden die Schnittlinien auf der Oberfläche *Parallel-* oder *Breitenkreise* (MAN_1DM) genannt.

Denkt man sich den Standort V eines in einem beliebigen Punkte der Erdoberfläche befindlichen Beobachters mit dem Mittelpunkt der Erde verbunden und diese Verbindungslinie beliebig verlängert, so erhält man eine **Vertikale** ($V V_1$). Die auf dieser senkrecht stehende, durch den Mittelpunkt der Erde gelegte Ebene OR heißt die Ebene des **wahren Horizonts** des Beobachtungsortes.

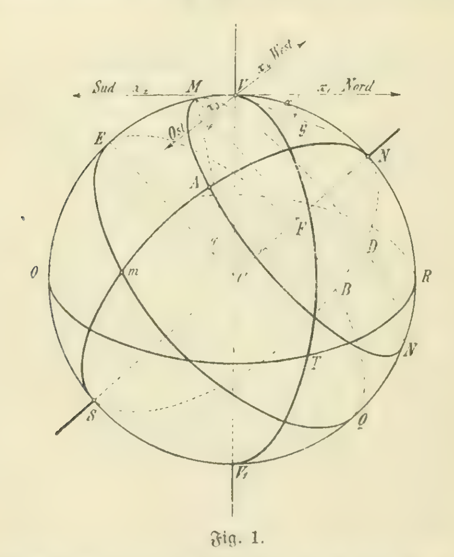


Fig. 1.

Die durch den Beobachtungsort V zur Ebene des wahren Horizonts parallel gelegte Ebene wird die Ebene des **scheinbaren Horizonts** des Beobachtungsortes V genannt. Wegen der verschwindenden Kleinheit des Erdhalbmessers gegenüber den Entfernungen im Weltall fallen in bezug auf diese der wahre und scheinbare Horizont zusammen. Die Schnittlinie x_1 x_2 der durch

den Beobachtungsort gehenden Meridianebene mit der Ebene des scheinbaren Horizonts gibt die betreffende Meridianrichtung in diesem Orte an und heißt auch die Nord-Süd-linie. Derjenige Teil Vx_1 dieser Schnittlinie, welcher nach dem Nordpole zu weist, gibt die Nordrichtung, der entgegengesetzte Teil Vx_2 die Südrichtung an. Die von der Nordrichtung im Sinne des Uhrzeigers um 90° abweichende Richtung Vx_3 liefert die Ostrichtung, die entgegengesetzte Richtung Vx_4 die Westrichtung. Diese vier Richtungen bilden die sogenannten vier Weltgegenden oder Himmelsrichtungen des Beobachtungsortes V und bilden die Grundlage der geographischen Orientierung. Größte Kreise, deren Ebenen die Vertikale eines Punktes zur gemeinschaftlichen Durchschnittslinie haben, wie z. B. VTV_1, VNQSO, heißen Vertikalkreise, und der Winkel, den die Ebene eines solchen Vertikalkreises mit der Meridianebene des Beobachtungsortes bildet, heißt das Azimut. Das Azimut wird von Norden über Osten nach Süden im Sinne des Uhrzeigers gemessen. Ist VTV_1 ein beliebiger Vertikalkreis und Vy eine Tangente an denselben in V, so stellt demnach $\sphericalangle x_1 V y = \alpha$ das betreffende Azimut dar.

Die Lage eines Ortes auf der Erdoberfläche wird durch die geographische Breite und Länge bestimmt. Die geographische Breite eines Ortes ist der Bogen seines Meridians, welcher zwischen dem Orte und dem Äquator liegt: man zählt die Breite in Gradmaß vom Äquator gegen beide Pole von 0 bis 90° und unterscheidet eine nördliche und eine südliche Breite. Die Länge eines Ortes ist der Bogen des Äquators zwischen einem als Ausgangspunkt für die Zählung angenommenen — dem sogenannten Null- oder Anfangsmeridian — und dem Meridian des Ortes. Man zählt im allgemeinen die Länge von 0 bis 180° gegen Osten und gegen Westen und unterscheidet daher eine östliche und

eine westliche Länge. Ist NES (Fig. 1) der Nullmeridian, so ist:

die geogr. Breite von A = Bogen mA.
„ Länge „ A = „ Em.

Hipparch (160—125 v. Chr.) führte die Bestimmung der Ortslage nach „Längen" und „Breiten", welche die Lehre von der Kugelgestalt der Erde zur Voraussetzung hat, ein und bediente sich dieser Ausdrücke in Befolgung der früheren Gewohnheit, die Ausdehnung der Länder der vermeintlichen Erdscheibe oder des bewohnbaren Erdgürtels durch eine lineare Längen- und Breitenausmessung anzugeben. So sagte man z. B. nach Aristoteles, die bekannte Erde sei 70 000 Stadien lang und 40 000 breit.

Schon die Alten rechneten die Breiten vom Äquator ab, zählten dieselbe jedoch zuerst nicht in Gradmaß, sondern bestimmten sie durch die Zugehörigkeit zu einem „Klima", einer Bestrahlungszone oder Gürtel gleicher längster Tagesdauer. Die Länge bezog man zuerst auf einen Mittelmeridian, den Meridian von Rhodus. Ptolemäus verlegte den Anfangsmeridian an die Westgrenze der ihm bekannten Erde, nach den Glücklichen (Kanarischen) Inseln. Aber bereits die Araber führten durch Annahme des Meridians von Bagdad eine bedeutende Willkür ein, und im Entdeckungszeitalter entstand infolge der durch eine Inselgruppe nicht genügend festzulegenden Meridianbestimmung die größte Verwirrung. Ein auf Richelieus Anregung unternommener Einigungsversuch führte zur Annahme des Meridians der Westspitze der Insel Ferro als des Nullmeridians. Da die fehlerhafte Berechnung desselben als 20° westlich von Paris jedoch nur einen idealen Meridian schuf, konnte auch dieser Versuch zu keiner Einigung führen. In neuerer Zeit haben sich die meisten Nationen dahin verständigt, den Meridian der Greenwicher Sternwarte als Null-

meridian anzunehmen; nur Frankreich hält am Pariser Meridian fest, und alle Versuche, einen „neutralen Meridian“ zur Anerkennung zu bringen (z. B. Jerusalem), sind mißglückt. Auf den Karten findet man jetzt hauptsächlich die Meridiane von Greenwich und Paris, während der von Ferro allmählich verschwindet.

Umfang der Parallelkreise.

Ist in Figur 1 $MF = r$ der Halbmesser des Parallelkreises MAN_1, $\sphericalangle \varphi$ die geographische Breite dieses Parallelkreises, $EC = R$ der Halbmesser des Äquatorkreises, so ergibt sich aus dem rechtwinkligen $\triangle MCF$:

$$\frac{MF}{MC} = \cos CMF = \cos MCE = \cos \varphi \;,$$

d. h. $$\frac{r}{R} = \cos \varphi \quad \text{oder} \quad r = R \cos \varphi \;.$$

Stellt ferner u den Umfang des Parallelkreises MAN_1, U den Umfang des Äquators dar, so ist:

$$\begin{aligned} u &= 2\pi r = 2\pi R \cos\varphi \;, \\ U &= \phantom{2\pi r = {}} 2\pi R \end{aligned}$$

somit:
$$\begin{aligned} u : U &= 2\pi R \cos\varphi : 2\pi R \\ &= \cos\varphi : 1 \\ u &= U \cos\varphi \;. \end{aligned}$$

Da nun mit zunehmender Breite der Wert von $\cos\varphi$ abnimmt, so nimmt mit zunehmender Breite der Umfang der Parallelkreise ab.

Aus $u = U\cos\varphi$ ergibt sich:

$$\frac{u}{360} = \frac{U}{360} \cos\varphi \;,$$

d. h. man erhält die Bogenlänge eines Grades des in der Breite φ gelegenen Parallelkreises dadurch, daß man die Bogenlänge des Äquatorgrades mit $\cos\varphi$ multipliziert.

Nimmt man den Erdhalbmesser[1]) zu 6370 km an, so beträgt die Bogenlänge des Äquatorgrades: $\frac{2\,\pi\,6370}{360}$ km, die der Äquatorminute: $\frac{2\,\pi\,6370}{360 \cdot 60}$ km $= 1{,}852$ km $= 1852$ m, die der Parallelkreisminute in der Breite $\varphi = 1852 \cos\varphi$ m.

Ortsbestimmung in der Ebene und auf der Kugel.

Die Lage eines Punktes in der Ebene bestimmt man am einfachsten durch Beziehung des Punktes auf zwei feste, aufeinander senkrechte Gerade. Sind OX und OY (Fig. 2) zwei solcher Geraden und fällt man auf dieselben von dem gegebenen Punkte A aus Senkrechte, so nennt man die Abstände dieses Punktes von den zwei festen Geraden seine **Koordinaten**, und zwar heißen sie in diesem Falle **senkrechte** oder **rechtwinklige Koordinaten**.

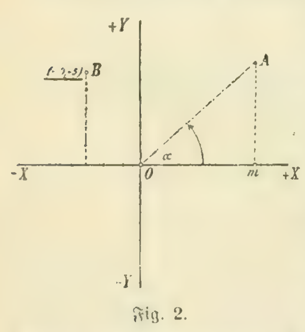


Fig. 2.

Die von dem Punkte A auf die Achse OX gefällte Senkrechte nennt man insbesondere die **Ordinate** (Am), den Abstand des Fußpunktes der Ordinate vom Schnittpunkte O des Achsen-

[1]) Für die meisten Aufgaben des Kartenentwurfs genügt es, die Erde als **Kugel** zu betrachten, obwohl sie in Wirklichkeit ein an den Polen **abgeplattetes Rotationsellipsoid** ist, dessen halbe große Achse a = 6377397 m, dessen halbe kleine Achse b = 6356079 m ist. (**Besselsche Werte** 1841.)

systems die Abszisse (Om). Achsensystem nennt man die sich schneidenden Geraden OX und OY. Unterscheidet man bei jeder Achse zwei Richtungen und bezeichnet die eine als positive, die andere als negative, so ist ein Punkt der Ebene vollständig bestimmt, wenn seine beiden Koordinaten durch Länge und Vorzeichen gegeben sind. Hat z. B. ein Punkt die Koordinaten (—3, +5), so erhält man seine Lage, indem man auf der —X-Achse vom Schnittpunkt der beiden Achsen, dem Ursprung O aus, drei gleiche Teile abträgt, im Teilpunkt ein Lot in der Richtung der +Y-Achse errichtet und auf letzterem von diesem Teilpunkt aus fünf solche gleiche Teile abträgt; der so erhaltene Endpunkt B stellt die gesuchte Lage des Punktes dar. Sind viele Punkte aufzutragen, so wird diese Operation dadurch erleichtert, daß man die Zeichnung mit einem Maßstabsnetz überzieht, d. h. zwei Systeme von Parallelen zu beiden Achsen in den Abständen der Längeneinheit auszieht, oder die Zeichnung mit einem auf durchsichtigem Grunde aufgetragenen Millimeternetz überdeckt.

Sehr gebräuchlich sind auch die Polarkoordinaten. Bei diesen nimmt man einen festen Punkt als Pol an und eine gegebene Gerade als Polarachse. Die Lage eines Punktes ist nun vollkommen bestimmt, wenn sein Abstand vom Pole und der Winkel gegeben ist, den die durch den Pol und den Punkt gezogene Linie mit der Polarachse bildet. Dieser Winkel ist immer in demselben Sinne anzutragen, meistens in dem Sinne von der +X- und +Y-Achse. Ist in Figur 2 O der Pol, OX die Polarachse, so ist Punkt A durch $\sphericalangle \alpha$ und durch die Entfernung OA bestimmt. Auch hier kann man sich das Auftragen der Punkte, beziehungsweise das Ablesen der Koordinaten erleichtern, wenn man um den Pol als Mittelpunkt konzentrische Kreise mit den Halbmessern von 1, 2, 3, . . . Längeneinheiten beschreibt

und durch O mehrere Strahlen zieht, welche alle möglichen Winkel mit OX von 1° bis 359° einschließen.

Den Koordinaten der Ebene entsprechen die sphärischen Koordinaten der Kugel. Man verwendet dazu ein Polarkoordinatensystem, dessen Elemente nicht mehr gerade Linien und Kreise, sondern krumme Linien sind, von denen die eine Gruppe strahlenförmig unter gleichen Winkeln vom Pol ausgeht, während die zweite aus krummen Linien besteht, die in je gleichem Bogenabstand vom Pol diesen umziehen.

Astronomische Ortsbestimmung.

Bei der Erde entspricht diesem System das Netz der Meridiane und Breitenkreise, und zwar die geographische Länge der Abszisse, die geographische Breite der Ordinate. Man erhält ein Bild der Erdoberfläche auf einem künstlichen Erdglobus, indem man auf letzterem einen der größten Kreise als Äquator betrachtet und in die Längengrade einteilt; auf den darauf senkrechten Meridianen trägt man die Breitengrade auf. Mit Hilfe dieses Netzes verzeichnet man die Lage der einzelnen Punkte nach ihren geographischen Längen und Breiten. Die Lagenbestimmung ist für die Erde durch die Achsendrehung derselben und die Sichtbarkeit der Himmelskörper erleichtert. Um die Breite eines Ortes oder die Höhe des Poles über dem Horizonte desselben zu erhalten[1]), wird die Höhe OS eines Gestirns zur Zeit seiner Kulmination gemessen (Fig. 3) und daraus die Zenitdistanz ZS = 90°



Fig. 3.

[1]) Vgl. Sammlung Göschen Nr. 11, Astronomie.

— OS gebildet. Den astronomischen Kalendern entnimmt man die Deklination des bezüglichen Sternes ES. Es ist aber ES + SZ = EZ und EZ + ZP = ZP + PR = 90°, also EZ = PR = der Polhöhe und der geographischen Breite des Beobachters, dessen Zenit Z ist. Der Längenunterschied zweier Orte ergibt sich aus dem zeitlichen Unterschied der Kulmination der Sonne an beiden Orten.

Es ist aber nicht notwendig, die Lage aller Orte astronomisch zu bestimmen; es erfolgt dies nur für wichtigere Punkte, sogenannte Triangulierungspunkte erster Ordnung. Die Lage der übrigen Punkte bestimmt man, indem man ihre Richtungen und Entfernungen in bezug auf die Punkte erster Ordnung abmißt oder berechnet und aus diesen die Breiten- und Längenunterschiede gegenüber den erstgenannten ableitet.

Grundsätze der Perspektive.

Man versteht unter Perspektive das Verfahren, welches beobachtet werden muß, um körperliche Gegenstände auf einer Ebene so zu zeichnen, wie sie sich von einer gegebenen Entfernung aus dem betrachtenden Auge darstellen. Diese Ebene, auf der die Abbildung oder Zeichnung erfolgen soll, nennt man die Bildebene. Führt man vom Augpunkte O (Fig. 4) eines Beobachters drei Gerade nach den Eckpunkten eines außerhalb der Bildebene liegenden Dreiecks ABC und verlängert man erstere, bis sie die Bildebene MN treffen, so geben die Verbindungslinien der Treffpunkte wieder ein Dreieck abc, welches die perspektivische Projektion des außerhalb der Bildebene liegenden Dreiecks ABC bildet. Die vom Augpunkte zu den Ecken gezogenen Geraden Oa, Ob, Oc nennt man Seh- oder Projektionsstrahlen. Unter einem Strahlenbündel versteht man die Gesamtheit von Strahlen, die durch den Augpunkt gelegt werden.

Um die perspektivische Projektion einer **krummen Linie** zu finden, wird man im allgemeinen die perspektivische Projektion einzelner Punkte derselben bestimmen und letztere miteinander verbinden. Unter den krummen Linien ist die wichtigste der Kreis. Um nun die perspektivische Projektion des Kreises zu bestimmen, führt man vom Augpunkte ein Strahlenbündel zu den Peripheriepunkten des gegebenen Kreises. Denkt man sich das Bündel aus unendlich vielen Strahlen bestehend, so bildet das Strahlenbündel die Mantelfläche eines **Kegels**, und die Schnittfigur der

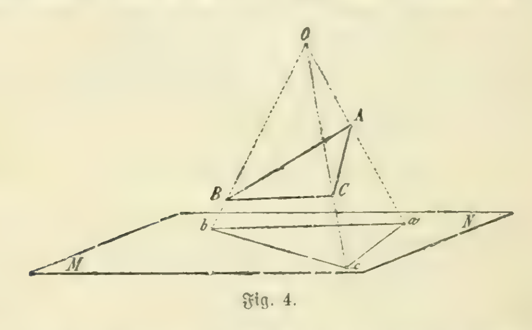


Fig. 4.

letzteren mit der Bildebene stellt die perspektivische Projektion des Kreises dar. Nun wird die Mantelfläche eines Kreiskegels von einer Ebene nach einem Kreise, nach einer Ellipse, Hyperbel oder Parabel geschnitten; folglich kann die perspektivische Projektion eines Kreises ein Kreis, eine Ellipse, Parabel oder Hyperbel sein. Ist die Bildebene der Kreisebene parallel, so ist die perspektivische Projektion des Kreises wiederum ein Kreis. Ist die Ebene des Kreises gegen die Bildfläche geneigt, so erhält man als perspektivische Projektion des Kreises eine andere der genannten Figuren. Geht endlich die Ebene des Kreises durch das Auge, so ist sein

perspektivisches Bild eine gerade Linie, weil das Strahlenbündel eine Ebene bildet und diese die Bildebene nur nach einer Geraden schneiden kann.

Um die Erdoberfläche am einfachsten und natürlichsten nach den Gesetzen der Perspektive darzustellen, bedient man sich des nachstehenden Verfahrens. Man denkt sich aus dem Mittelpunkte C (Fig. 5) der wirklichen Erdkugel eine andere konzentrische Kugel von kleinerem Halbmesser r beschrieben und zu jedem Punkte der Kugelfläche die entsprechenden Erdradien gezogen: dann sind die Durchschnittspunkte dieser Radien mit der kleineren konzentrischen Kugelfläche die zentralen Projektionen jener Punkte auf dieser Kugelfläche; so ist z. B. a die Projektion von A, b jene von B. Auf letzterer

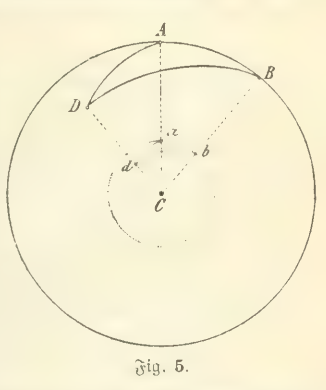


Fig. 5.

Kugel, welche der künstliche Erdglobus genannt wird, befinden sich die einzelnen Punkte in denselben gegenseitigen Lagen, wie in der Wirklichkeit, und ihre Entfernungen verhalten sich zu jenen in der Natur wie der Halbmesser des künstlichen Globus r zum Halbmesser der Erde R. Man hat in der Tat, weil AB und ab konzentrische Bögen sind:

$$ab : AB = aC : AC = r : R,$$

woraus

$$ab = \frac{r}{R} AB,$$

d. h. ab ist gegenüber AB im Verhältnis $\frac{r}{R}$ verkleinert. Projiziert man noch einen dritten Punkt D, so ist ebenso:

$$ad = \frac{r}{R} AD, \qquad db = \frac{r}{R} DB,$$

also:

$$ab : ad : db := AB : AD : DB.$$

Da auch die entsprechenden sphärischen Winkel in den beiden sphärischen Dreiecken ABD und abd einander gleich sind, so sind somit diese beiden sphärischen Dreiecke ähnlich, oder das Bild abd ist dem Bilde ABD ähnlich. Die Abbildung auf dem Globus stimmt also völlig mit dem Original überein, sie ist nur im Verhältnis $r : R$ linear verkleinert.

Derlei künstliche Globen werden zwar für den ersten Unterricht in der Geographie verwendet, doch eignen sie sich nicht für das weitere geographische Studium, weshalb man zu anderen Abbildungsmethoden greifen muß.

Zur Vereinfachung des Ausdruckes werden wir in der Folge immer annehmen, die Erde sei auf einem künstlichen Globus abgebildet und es handle sich um die Abbildung der Fläche dieses Globus. Sagen wir also, ein Kreis oder die Grade eines Kreises werden in ihrer natürlichen Größe wiedergegeben, so handelt es sich immer um die Größe der bezüglichen Stücke auf dem Globus.

Orthogonalprojektion der Raumgebilde auf zwei Projektionsebenen.

Die Perspektive unterscheidet sich von der geometrischen Zeichnungslehre dadurch, daß sie die betreffenden Gegenstände so wiedergibt, wie sie in ihren Formen und Verhältnissen in der Natur, von einem gewissen Standpunkte aus

betrachtet, uns erscheinen, nicht aber, wie sie wirklich sind. Letzteres bezweckt das geometrische Zeichnen.

Geradeso wie man die Lage des Punktes in der Ebene durch Beziehung auf zwei senkrechte Gerade bestimmt, erfolgt dies im Raume durch Beziehung auf zwei aufeinander senkrechte Ebenen, wovon die eine horizontal, die andere vertikal stehend angenommen wird. Sind AB und AC (Fig. 6) zwei solche Ebenen, und fällt man vom gegebenen

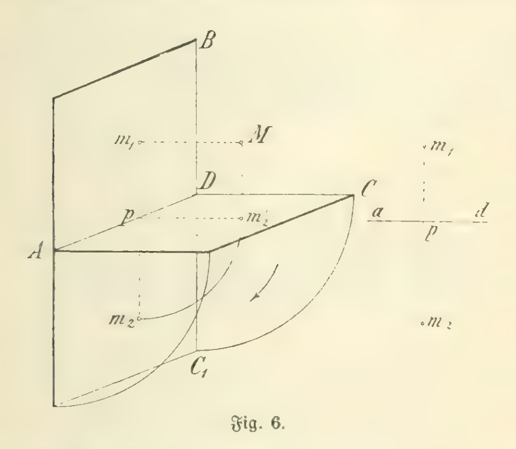


Fig. 6.

Punkte M aus die Lote $Mm_1 \perp AB$, $Mm_2' \perp AC$, so nennt man die Fußpunkte m_1 und m_2' der Senkrechten Mm_1 und Mm_2' beziehungsweise die Vertikal- und die Horizontalprojektion des Punktes M. Die Lage eines Punktes M im Raum ist vollständig bestimmt, sobald seine beiden Projektionen m_1 und m_2' auf die Grundebenen gegeben sind; man hat offenbar in m_1 und m_2' auf diesen Ebenen Lote zu errichten, so stellt der Schnittpunkt dieser Lote die gesuchte Lage des Punktes dar. Denkt man sich die Ebene AC um

die Gerade AD nach abwärts gedreht, bis sie in die Verlängerung AC_1 der Ebene AB zu liegen kommt, so stellen m_1 und m_2 die zwei Projektionen des Punktes M dar. Beim Zeichnen auf dem Papiere genügt es, die Achse ad (auch Grundschnitt genannt) darzustellen, in welcher sich die beiden Ebenen schneiden, und zwar pflegt man sie horizontal zu stellen, wodurch die Projektionsstrahlen $m_1 p$ und $m_2 p$ in eine einzige, zu ad senkrechte und somit vertikale Gerade fallen.

Soll irgend ein Körper in den beiden Projektionen dargestellt werden, so müssen genügend viele Punkte desselben auf beide Ebenen projiziert werden.

Erster Teil.

Die Kartenprojektionslehre.

Erstes Kapitel.

Die älteren Kartenprojektionen.

§ 1. Älteste Versuche der Länderabbildung.

Schon die ältesten Völker fühlten das Bedürfnis, Teile der Erdoberfläche in der Ebene abzubilden, aber die Nachrichten, die wir über die Darstellungen einzelner kleiner Gebiete haben, sind nur karg und unbestimmt. An bildliche Darstellungen der ganzen Erde wagten sich zuerst die Gelehrten des universell beanlagten Griechenvolkes. Sicher ist es, daß Anaximander aus Milet (um 580 v. Chr.) die damals bekannte Erde auf einer Erztafel darstellte, daß

Aristagoras auf seiner Gesandtschaftsreise nach Griechenland (500 v. Chr.) ein in Erz gegrabenes Erdbild mitführte, daß zur Zeit des Aristophanes ein solches Erdbild die Bewunderung der Athener hervorrief, und daß Herodot schon davon spricht, daß es der Kartenzeichner bis auf seine Zeit schon viele gegeben habe. Den Wert dieser Abbildungen darf man nicht zu hoch anschlagen: es waren mehr Erdbilder, d. h. zeichnerische Wiedergaben vager Vorstellungen von fremden Ländern, als Erdkarten, genaue mit Absicht hergestellte Abbilder der Erdoberfläche nach der Größe und gegenseitigen Lage der Erdräume. In Anlehnung an mythische Vorstellungen scheinen sie sämtlich kreisrund gewesen zu sein; sie entbehrten vermutlich jeder mathematischen Grundlage und Projektionsmethode.

In späterer Zeit entwarfen Dikäarch (320 v. Chr.), Eratosthenes und Posidonius (80 v. Chr.) graphische Darstellungen der bekannten Länder, die im einzelnen wohl besser und genauer entworfen, dennoch der Beachtung wissenschaftlicher Überlegungen fast ganz ermangelten. Wie naiv und unmathematisch man auch bei diesen späteren Versuchen noch verfuhr, beweisen Strabos Ausführungen in seiner Geographie (15—24 n. Chr.). Die Lehre von der Kugelgestalt der Erde hatte sich in der Gelehrtenwelt zur Anerkennung durchgerungen, und Strabo wußte auch, daß sich die Kugelfläche nicht so einfach verebnen läßt, aber über diese letztere Schwierigkeit dachte er sich leicht hinwegsetzen zu können. „Es liegt wenig daran, daß die Meridian- und Parallelkreise durch gerade, aufeinander senkrechte Linien dargestellt werden, da man sich ja aus den in den ebenen Landkarten angegebenen Größen und Formen immerhin eine Vorstellung von den wirklichen Verhältnissen auf der Kugel machen kann. Auch wäre es überflüssig, das Zusammenlaufen der Meridiane gegen den Pol auf dem Kartenblatte

ersichtlich machen zu wollen; es genügt die Einbildungskraft, um das zu ersetzen, was der Karte mangelt." Auf solchen Grundsatz gestützt, dachte sich also Strabo die abzubildenden Länder alle in einer Ebene liegend und wandte für die Bestimmung der gegenseitigen Lage der Orte die Methode der rechtwinkligen Koordinaten an (S. 12). Als Koordinatenachsen zog er nach dem Vorbilde des Dikäarch (das „Diaphragma") auf dem Papierblatte zwei senkrechte Gerade, von denen die eine den Parallelkreis von Rhodus vorstellte; im Sinne der geographischen Breite teilte dieser die damals bekannte Erde in zwei Hälften. Senkrecht auf diese legte er den Meridian von Rhodus an, der nach der Ansicht der Alten auch durch Syene, Alexandria und Byzanz ging, und erhielt so das gewünschte Koordinatensystem, wie jenes in Figur 2 gezeichnete. Nun zeichnete er in das Blatt die anderen Punkte der Erde nach ihren Entfernungen von diesen beiden Hauptachsen ein. Daß ein solches Verfahren zu keiner besonderen Genauigkeit führen konnte, wußte Strabo selbst. Deshalb schrieb er, man müsse diese Entfernungen auf eine größere Anzahl von Meridianen und Parallelkreisen beziehen, zu diesem Zweck müßte man aber die bezüglichen geographischen Längen und Breiten genau kennen. Und darin lag die Schwierigkeit der Kartographierung. Denn wenn man auch seit Hipparch die Theorie der astronomischen Rechnungs- und Beobachtungsmethoden genügend ausgebildet hatte, so entsprach dem doch nicht die Praxis der Beobachtungen, teils weil die Instrumente, mit deren Hilfe astronomische Beobachtungen auszuführen sind, nicht ausreichten, teils weil die Möglichkeit korrespondierender Beobachtung nahezu ausgeschlossen war. Aus dem ganzen Altertum kennen wir nur drei bis vier mit Hilfe des Gnomon ausgeführte Breitenbestimmungen und nur eine gelegentliche Längenberechnung Karthago-Arbela!

In Ermangelung astronomischer Ortsbestimmungen half man sich mit Distanzberechnungen, die indessen allein auch nicht genügen und noch Richtungsbestimmungen erfordern. Für die Entfernungen verließ man sich ganz auf die Schätzung der Land- und Seereisenden, und wie unsicher diese ausfielen, beweisen uns die Erdmessungsversuche des Eratosthenes und des Posidonius[1]), deren Ergebnisse um 10000 Stadien voneinander abweichen. Für Richtungsbestimmungen fehlte noch ein auf die Nordweisung der Magnetnadel gegründetes Instrument.

§ 2. Die Projektionen auf abwickelbare Flächen.

1. Die zylindrischen Projektionen.

Die weltberühmte Stadt des Altertums, Alexandria in Ägypten, war unter den Ptolemäern der Mittelpunkt der exakten Wissenschaften. Entsprechend unseren heutigen wissenschaftlichen Akademien wurde daselbst das Museum gegründet, in dem gelehrte Männer sich gänzlich der Wissenschaft widmeten und zu diesem Zwecke aus königlichen Mitteln einen ehrenvollen Unterhalt erhielten. Aus diesem Vereine erwuchsen bedeutende Förderer der Mathematik und Astronomie, unter ihnen Eratosthenes und mehrere Jahrhunderte später der Astronom und Geograph Claudius Ptolemäus (um 120 n. Chr.), dessen Geographie wir oft zu nennen haben werden. Im 24. Kapitel des ersten Buches dieses Werkes behandelt Ptolemäus die Landkartenkonstruktion, und es spielen dabei die Plattkarten die wichtigste Rolle. Diese beruhen auf der Methode der Zylinderabwicklung.

Da ein Kugelmantel als doppelt gekrümmte Fläche nicht abzuwickeln und in der Ebene auszubreiten ist, kam man

[1]) Vgl. Sammlung Göschen Nr. 11, Astronomie.

schon im Altertum auf den Ausweg, die Zeichnung der Kugeloberfläche auf den Mantel eines der Kugel sich möglichst anschmiegenden Körpers zu übertragen und dann diesen abzuwickeln. Als ein solcher Körper bot sich zunächst der Zylinder dar.

Es sei APA_1 (Fig. 7) die halbe Erdkugel, AA_1 der Äquator, P der eine Pol, O der Mittelpunkt der Erde und AA_1D_1D eine Zylinderfläche, welche die Halbkugel längs des Äquators berührt. Führt man von dem im Mittelpunkte O gedachten Auge Sehstrahlen nach mehreren Punkten der Erdoberfläche, so treffen sie verlängert die Zylinderfläche, und die entstehenden Schnittpunkte bilden die zylindrischen *Projektionen* der bezüglichen Erdpunkte. So ist B zylindrische Projektion von b, C jene von c. Alle nach Punkten eines und desselben Meridians gezogenen Sehstrahlen, wie Ob, Oc, liegen in der Ebene dieses Meridians, welche auf der Äquatorebene senkrecht steht. Die Äquatorebene ist aber gleichzeitig die Grundfläche des Zylinders; die Meridianebene steht somit senkrecht auf der Zylinder-

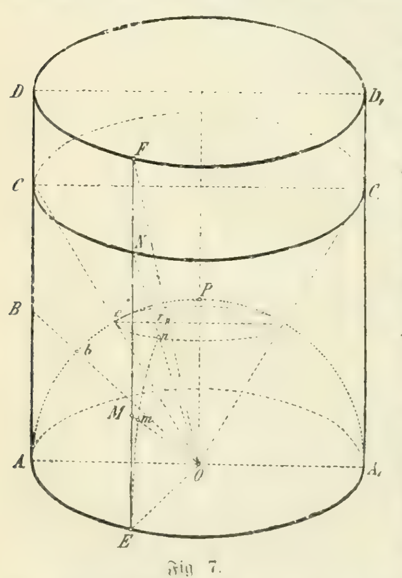


Fig. 7.

basis und enthält in sich die mit der Erdachse zusammenfallende Zylinderachse. Eine solche Ebene schneidet die Mantelfläche des Zylinders nach zwei Geraden, also werden auch die zu Punkten eines und desselben Meridians gezogenen Sehstrahlen Projektionen ergeben, die in einer geraden Linie liegen. Es wird somit AD die Projektion von AP, A_1D_1 die Projektion des Gegenmeridians A_1P sein. Ebenso werden die Projektionen M und N der im Meridian PE liegenden Punkte m und n auf der Geraden EF liegen, welche die Projektion des Meridians EP darstellt.

Wickelt man die Zylinderfläche AA_1D_1D ab, so wird der Äquator AA_1 als gerade Linie erscheinen, während gerade, auf dem Äquator senkrecht stehende Linien die Projektionen der Meridiane darstellen.

Führt man Sehstrahlen nach verschiedenen Punkten eines und desselben Parallelkreises, wie z. B. Oc, On, Oc_1, so werden die sich ergebenden Schnittpunkte in gleichen Abständen vom Äquator liegen. Denn man hat:

$$\text{Bogen } Ac = \text{Bogen } En = \text{Bogen } A_1c_1 \; ,$$

daher auch:

$$\sphericalangle AOC = \sphericalangle EON = \sphericalangle A_1OC_1 \; .$$

Nun haben die rechtwinkligen Dreiecke AOC, EON und A_1OC_1 außer den Winkeln AOC, EON und A_1OC_1 auch die Katheten AO, EO und A_1O (als Halbmesser derselben Kugel) gleich, die Dreiecke sind somit kongruent; daher $AC = EN = A_1C_1$. Dasselbe gilt für die Projektionen aller anderen Punkte des gleichen Parallelkreises; wenn man daher die Zylinderfläche abwickelt, werden die Parallelkreise als gerade Linien erscheinen, welche mit dem Äquator parallel laufen.

Das System der Meridian- und Parallelkreise bildet das Gradnetz der Karte, und dieses wird, wie wir sehen, in der zylindrischen Projektion durch ein System von geraden, aufeinander senkrecht stehenden Linien wiedergegeben. Strabo und wahrscheinlich auch seine Vorgänger Dikäarch und Eratosthenes benutzten bei ihren Kartenentwürfen dieses System; letzterem fielen auch bereits einige Mängel desselben auf, die er aber für zu unbedeutend hielt. Es liegt nämlich immerhin ein Widersinn in dem Umstande, daß Linien, welche auf der Kugel Kreise sind, in der Ebene als Gerade erscheinen. Die Parallelkreise verengen sich ferner auf der Kugelfläche, in der zylindrischen Projektion sind sie alle untereinander gleich und gleich dem Äquator. Die Meridiankreise konvergieren auf der Erde gegen die Pole, in unserer Projektion stehen sie zueinander parallel. Daraus entsteht aber eine Verunstaltung, eine Auseinanderzerrung der Länderform, und zwar in um so größerem Maße, je größer die geographische Breite wird.

Da sich der Äquator in seiner natürlichen Größe abwickelt, werden die Längengrade untereinander gleich sein, man wird also die abgewickelte Linie in 360 gleiche Teile einzuteilen haben.

Die Breitengrade wachsen dagegen im Verhältnis zur Tangente der geographischen Breite; denn es ist [1]):

$$AB = R \operatorname{tg} AOB\,, \quad AC = R \operatorname{tg} AOC$$

usw. Da $\operatorname{tg} 90^\circ = \infty$ ist, kann man den Pol in dieser Projektion gar nicht darstellen, was unmittelbar aus der Figur ersichtlich ist, da der zum Pol geführte Sehstrahl OP parallel zu den Zylindermantellinien wird. Um also die Breitenskala etwa von 5° zu 5° zu konstruieren, müßte man den

[1]) Ein für allemal wird der Kugelradius mit R bezeichnet.

Halbmesser des künstlichen Globus mit tg 5° bzw. tg 10°, tg 15°, ... multiplizieren und die erhaltenen Werte, vom Äquator anfangend, auf die Meridiane auftragen.

In dieser Form wird die zylindrische Projektionsart jedoch nicht verwendet; man leitet aus derselben eine andere Methode des Entwurfes ab, die sogenannte äquidistante Zylinderprojektion. Anstatt nämlich die Breitengrade zu vergrößern, macht man sie einander gleich und gleich den Äquatorgraden; die darauf gegründeten Karten sind die sogenannten Plattkarten. Zieht man in denselben die Meridiane und Parallelkreise in gleichwertigen Abständen, z. B. von 5° zu 5°, so besteht das so entstandene Netz aus gleichen Quadraten, und deshalb werden solche Karten auch quadratische Plattkarten genannt.

Diese Art der Plattkarten sind von Marinus von Tyrus, einem nur aus Ptolemäus' „Geographie" bekannten Geographen des ersten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung, erdacht worden. Er ist der eigentliche Begründer der mathematischen Kartographie. Er erkannte auch den störenden Fehler der quadratischen Plattkarte und änderte deshalb ihren Entwurf ab. Weil nämlich die Parallelkreise alle in gleicher Größe wiedergegeben sind, ist die Längenverzerrung der in höheren Breiten gelegenen Parallelkreise und somit der bezüglichen Länder eine zu starke. Marinus wollte dem abhelfen, indem er die Zylinderfläche nicht tangential an den Äquator anlegte, sondern dieselbe beim Parallelkreis von 36° n. Br. in die Kugel eindringen ließ, so daß die Basis der Zylinderfläche diesem Parallelkreis gleich wurde. Wickelt man jetzt die Zylinderfläche ab, so wird nunmehr der Parallelkreis von 36° n. Br. in seiner natürlichen Größe wiedergegeben. Marinus ließ diese Eigenschaft dem Parallelkreis von 36° zukommen, weil dieser, wie schon erwähnt, als Parallel von Rhodus die damals bekannte Welt im Sinne

der Breite in zwei gleiche Teile teilte. Heutigestags läßt man die Zylinderfläche beim mittleren Parallelkreis des abzubildenden Landes eindringen, d. h. bei jenem Parallelkreis, der von den äußersten Parallelkreisen gleich weit absteht. Hierbei erscheinen die Parallelkreise in den höheren Breiten etwas größer, in den tieferen etwas kleiner als in Wirklichkeit; nur der mittlere Parallelkreis stellt sich in wahrer Größe dar. Man nennt derartige Karten **Plattkarten im engern Sinne**.

Das Netz einer solchen Karte wird, wie folgt, gezeichnet: Man zieht die aufeinander Senkrechten AB, CD (Fig. 8), welche durch den Mittelpunkt O des darzustellenden Landes gehen; die Linie AB stellt alsdann den mittleren Parallelkreis, die Linie CD den mittleren Meridian des Landes dar. Vom Punkte O aus trägt man auf CD nach oben und unten gleiche Teile auf, und diese stellen die Breitengrade vor. Ist R der Halbmesser des künstlichen Globus, welcher der Projektion zugrunde liegt, so ergibt sich die Größe eines

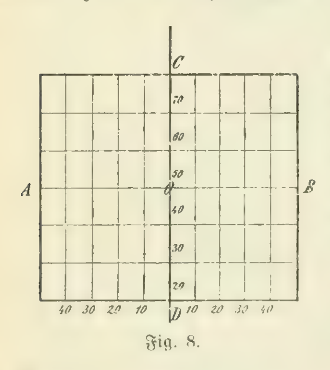


Fig. 8.

Breitengrades $g = \frac{2 R \pi}{360}$. Nun sind auf AB die Längengrade aufzutragen. Wir sahen, daß die Bogenlänge l_1 der Parallelkreisgrade in der Breite φ gleich $l \cos\varphi$ ist, wenn l die Bogenlänge des Äquatorgrades bedeutet (S. 11). Auf der Kugel sind aber die Bogenlängen der Äquator- und Meridiangrade einander gleich, d. h. $l = g$, weil Äquator und Meridiane größte Kreise sind. Ist also φ die geo-

graphische Breite des mittleren Parallelkreises (AB), so sind die auf AB aufzutragenden Teile $l_1 = g \cos\varphi$.

Durch die erhaltenen Punkte führt man zu AB und CD parallele Gerade und erhält so das Netz.

Macht man die Meridiangrade auf der Plattkarte irgend einer Längeneinheit, z. B. 1 cm, gleich, so ist die lineare Ausdehnung der Längengrade für nachstehende Breiten folgende ($l_1 = 1 \cos\varphi$ cm):

$\varphi = 10^0$ $l_1 = 0{,}985$ cm	$\varphi = 50^0$ $l_1 = 0{,}643$ cm
$\varphi = 20^0$ $l_1 = 0{,}940$ „	$\varphi = 60^0$ $l_1 = 0{,}500$ „
$\varphi = 30^0$ $l_1 = 0{,}866$ „	$\varphi = 70^0$ $l_1 = 0{,}342$ „
$\varphi = 40^0$ $l_1 = 0{,}766$ „	$\varphi = 80^0$ $l_1 = 0{,}174$ „

Auf einem derartigen Netz sind die Längengrade kleiner als die Breitengrade, die Netzmaschen bilden Parallelogramme (resp. Rechtecke), weshalb man solche Karten auch parallelogrammatische Plattkarten nennt.

Ptolemäus scheint ein Menschenalter nach Marinus fast nur die Theorie dieses seines Vorgängers ausgebaut zu haben. Ob seine Geographie, die in 8 Büchern zunächst die Prinzipien der mathematischen Geographie und der Kartenzeichenkunst und dann eine Aufspeicherung nach Breite und Länge festgelegten Kartenmaterials enthält, mit Karten versehen war, ist fraglich. Erhalten sind uns sicherlich nur die Zeichnungen, die auf Grund dieses Materials im fünften Jahrhundert unserer Zeitrechnung ein gewisser Agathodämon, zum Teil fehlerhaft, zusammenstellte.

Im 8. Buch seiner Geographie gab Ptolemäus Anweisungen, wie man das Bild der bekannten Erdoberfläche auf einem Atlas von 26 Karten zu entwerfen habe. Für diese 26 Spezialblätter bediente er sich der Marinusschen Projektion, die ihm genügend genau erschien. Dagegen sah er ein, daß für die Abbildung großer Flächen die Platt-

karten ungeeignet sind. Dann bewahrt man das richtige Verhältnis der Längengrade auf dem mittleren Parallelkreis der Karte, so wird dieses richtige Verhältnis bei den äußeren Parallelkreisen nicht bestehen und die Störung um so bedeutender ausfallen, je größer das abzubildende Land in seiner Breitenausdehnung ist. Erstreckt sich z. B. die Karte von 20 bis 60° in der Breite, so ist der mittlere Parallelkreis jener von 40°, und die Parallelkreisgrade bewahren zu den Meridiangraden überall das Verhältnis von 0,766 : 1 (siehe obige Tabelle). Das richtige Verhältnis sollte aber bei 20° (am unteren Rande bei nördlichen Breiten) 0,940 : 1, bei 60° (am oberen Rande) 0,500 : 1 sein. Um diese Verzerrungsfehler zu verringern, schlug Ptolemäus daher für die Abbildung größerer Flächen, also für die Zeichnung einer Übersichtskarte der ihm bekannten Erde, zwei ihm eigentümliche Kegelprojektionen vor.

2. Die Kegelprojektionen.

Statt eines Zylinders kann man auch den Kegel, als einen der Kugel sich anschmiegenden Körper, zur Übertragung der Zeichnung der Kugel auf eine abwickelbare Mantelfläche benutzen. Man legt an den darzustellenden Teil des Globus eine tangentiale Kegelfläche, auf welche man die Einzelheiten der Kugeloberfläche projiziert, und wickelt erstere in eine Ebene ab. Die Lage der Kegelfläche wählt man so, daß sie die Erde im mittleren Parallelkreis ABG (Fig. 9) des darzustellenden Landes berührt. Der Scheitel C dieser Kegelfläche liegt in der Verlängerung der Erdachse P′ P. Die verlängerten Meridianebenen werden Achsenschnitte verursachen und die Kegelfläche nach Mantellinien schneiden; so schneidet z. B. die Verlängerung der Ebene des Meridians PMGNP′ den Kegel nach der Mantellinie CmGn. Führt man vom Mittelpunkte der Kugel Sehstrahlen nach

unendlich vielen Punkten eines Parallelkreises DF, so bildet das so entstehende Strahlenbündel eine zweite Kegelfläche, und die zwei Kegelflächen schneiden sich, da ihre Scheitel auf der gemeinschaftlichen Achse liegen, längs einer Kreislinie df. Wickelt man jetzt den Kegelmantel ab, so werden die Projektionen der Meridiane als konvergierende gerade Linien, jene der Parallelkreise als konzentrische Kreisbögen mit dem gemeinschaftlichen Mittelpunkt im Scheitel des Kegels erscheinen. Der Parallelkreis, längs welchem die Berührung von Kegel- und Kugelfläche erfolgte, wird in seiner natürlichen Größe wiedergegeben. Die so entstehende Projektion nennt man eine reine Kegelprojektion.

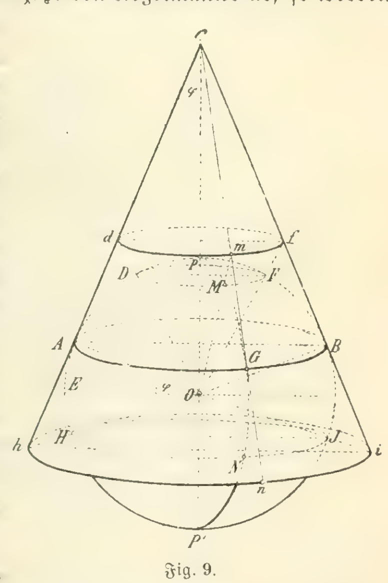


Fig. 9.

Als die gebräuchlichste Abart dieser reinen Kegelprojektion entsteht die sogenannte äquidistante Kegelprojektion, wenn man das Liniensystem beibehält, die Breitengrade unter sich gleich macht und den mittleren Parallelkreis in seiner richtigen Größe wiedergibt. Zu diesem Zwecke muß zunächst die Kegelseite CA berechnet werden. Ist φ (Fig. 9) die Breite des mittleren Parallelkreises AB, R der Halbmesser des Globus (AO), so ist $\sphericalangle$ EOA $= \varphi$

$= \sphericalangle ACO$. Aus dem rechtwinkligen Dreiecke ACO folgt nun: $AC = R \operatorname{cotg} \varphi$.

Es wird also der Mittelmeridian der Karte cx (Fig. 10) ausgezogen und von c als Mittelpunkt mit dem Halbmesser $ca = R \operatorname{cotg} \varphi$ der Bogen $d\,d_1$ beschrieben, welcher

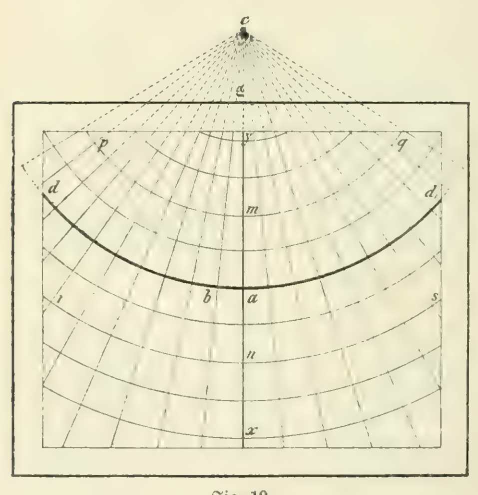


Fig. 10.

die Projektion des mittleren Parallels darstellt. Die Meridiangrade sind $l = \frac{2 R \pi}{360}$ lang; diese trägt man auf der Linie cx von a aus gegen oben und unten ab. Durch die Teilpunkte führt man von c als Mittelpunkt konzentrische Bögen. Um die Meridiane der Karte zu konstruieren, berechnet man am besten den Zentriwinkel α, welcher der Größe des mittleren Parallelkreisgrades ab entspricht. Die

Bogengröße l_1 eines Parallelgrades in der Breite φ ist (S. 11):

$$l_1 = l \cos\varphi = \frac{2 R \pi}{360} \cos\varphi = a b .$$

Da nun $a b : 2 a c \cdot \pi = \alpha : 360$,

und $\underline{a b = l \cos\varphi , \quad a c = R \operatorname{cotg} \varphi}$ ist, so ergibt sich:

$$l \cos\varphi : 2 R \operatorname{cotg}\varphi \, \pi = \alpha : 360$$

d. h. $\alpha = \frac{l \cos\varphi \cdot 360}{2 R \pi \operatorname{cotg}\varphi}$, und da $l = \frac{2 R \pi}{360}$,

$$\alpha = \frac{2 R \pi}{360} \cdot \frac{\cos\varphi \cdot 360}{2 R \pi \operatorname{cotg}\varphi} = \frac{\cos\varphi}{\operatorname{cotg}\varphi} = \sin\varphi .$$

Ist die Breite des Mittelparallels 50^0, so ist $\sin 50^0 = 0{,}766$, also $\alpha = 0{,}766^0$. Durch wiederholtes Anlegen dieses Winkels an $c a$ zu beiden Seiten läßt sich das Meridiansystem in die Karte einzeichnen.

Diese Kegelprojektion ist für Länder, die von Nord nach Süd nicht zu ausgedehnt sind, und die in ihrer Längsachse dem Mittelparallel sich anschmiegen, zu empfehlen, weil sie bei leichtem Entwurf nur mäßige Verzerrungen liefert. In Wirklichkeit ist sie nicht äquidistant.

Ptolemäus schlug diese Projektion für die Abbildung der Erde vom Äquator bis zur Nordgrenzlinie der ihm bekannten Erde vor und wählte als mittleren Parallelkreis wiederum denjenigen der Insel Rhodus. Um aber die Verzerrungen an dem oberen und unteren Rand der Karte zu beseitigen, erdachte Ptolemäus eine andere Modifikation dieser Projektionsmethode.

Er zeichnete den Mittelmeridian der Karte als gerade Linie auf das Blatt und teilte sie in gleiche Teile ein, welche den Breitengraden entsprechen. Über die Art und Weise, wie er den Mittelpunkt der Parallelkreise auf dem Mittel=

meridian bestimmte, sind die Ausleger der „Geographie“ nicht ganz einig; nach Delambre sollte dieser Mittelpunkt vom Äquator 181° 50′ entfernt gewesen sein. Von diesem Mittelpunkte aus führte er durch die Breitengrade konzentrische Kreisbögen und erhielt so die Parallelkreise. Anstatt nun einen einzigen Parallelkreis nach dem richtigen Verhältnis wie auf der Kugel zu teilen, tat er dies auf deren vier, und zwar auf den Parallelkreisen von Thule und Meroë (am Nil), als den äußersten der damals bekannten Welt, und auf jenen von Syene (gegenwärtig Assuan) und Rhodus. Endlich machte er die Äquatorgrade den Meridiangraden gleich, wie dies auf der Kugel der Fall ist. Durch die je 5 gleichwertigen Teilungspunkte legte er Verbindungslinien, also Kurven, keine Kreisbögen, und erhielt so die Meridiane. Diese Projektion nennt D'Avezac in mißverständlicher Auffassung eines Ausdrucks des Ptolemäus die homeotäre.

§ 3. Die perspektivischen Projektionen.

1. Die orthographischen Projektionen.

Bei den perspektivischen Darstellungen der Kugeloberfläche, die im Altertum nur für die Zeichnung von Himmelskarten verwendet wurden, ist zunächst die Lage des Auges und der Bildebene zu bestimmen.

Bei der orthographischen Projektion liegt der Augpunkt im Unendlichen, und die Projektionsebene wird senkrecht zu den parallelen Projektionsstrahlen angenommen. Je nachdem nun diese Projektionsstrahlen parallel zur Erdachse oder parallel zur Ebene des Erdäquators oder parallel zu einem beliebigen Erdhalbmesser sind, unterscheidet man die orthographische Polar-, bzw. orthographische Äquatorial-, bzw. orthographische Hori-

zontalprojektion. Projiziert man die darzustellende Erdkugel auf zwei zueinander senkrechte Grundebenen (vgl. S. 19f.), von denen die eine (Horizontalebene) auf der Erdachse senkrecht steht, so stellt die Horizontalprojektion die orthographische Polarprojektion (Fig. 11a) und die Vertikalprojektion (Fig. 11b) die orthographische Äquatorialprojektion dar. Bei ersterer liegt der Mittelpunkt der darzustellenden Halbkugel in einem der Pole p (Fig. 11a); die Parallelkreise projizieren sich als Kreise in wahrer Größe und die Meridiane als gerade Linien (Halbmesser). Bei letzterer liegt der Mittelpunkt der darzustellenden Halbkugel auf dem Äquator, z. B. unter 0° Länge (Fig. 11b). Die Parallelkreise werden gerade Linien senkrecht zur Erdachse, und die Meridiane stellen sich als Ellipsen dar, welche die Erdachse als gemeinschaftliche große Achse besitzen. Der durch den Augpunkt gehende Mittelmeridian dagegen projiziert sich als gerade Linie, welche mit der Projektion der Erdachse zusammenfällt. Die Konstruktion dieser Ellipsen ergibt sich auf einfache Weise, indem man zu den Horizontalprojektionen der einzelnen Meridianpunkte die dazugehörigen Vertikalprojektionen bestimmt (Fig. 11a u. 11b).

Liegt der Mittelpunkt der darzustellenden Halbkugel ganz beliebig, z. B. in A [bzw. in a′ (Fig. 11b)] unter 45° nördl. Breite und 90° westl. Länge, so hat man die Projektionsebene senkrecht zu dem nach diesem Punkte gezogenen Erdhalbmesser anzunehmen und erhält dann die orthographische Horizontalprojektion. Dieselbe läßt sich aus der orthographischen Äquatorialprojektion leicht dadurch herleiten, daß man letztere (Fig. 11b) als die Vertikalprojektion einer solchen Lage der Erdkugel ansieht, bei welcher die Erdachse der Vertikalebene parallel ist und mit der neuen Grundebene einen Winkel gleich der geographischen Breite von A bildet. Sämtliche Parallelkreise projizieren sich hier als

Ellipsen, die sich mit Hilfe einiger Kugelkreise parallel zur neuen Horizontalebene, z. B. des Kreises q′ r′ bzw. des Kreises um a mit Radius a q leicht konstruieren lassen; so

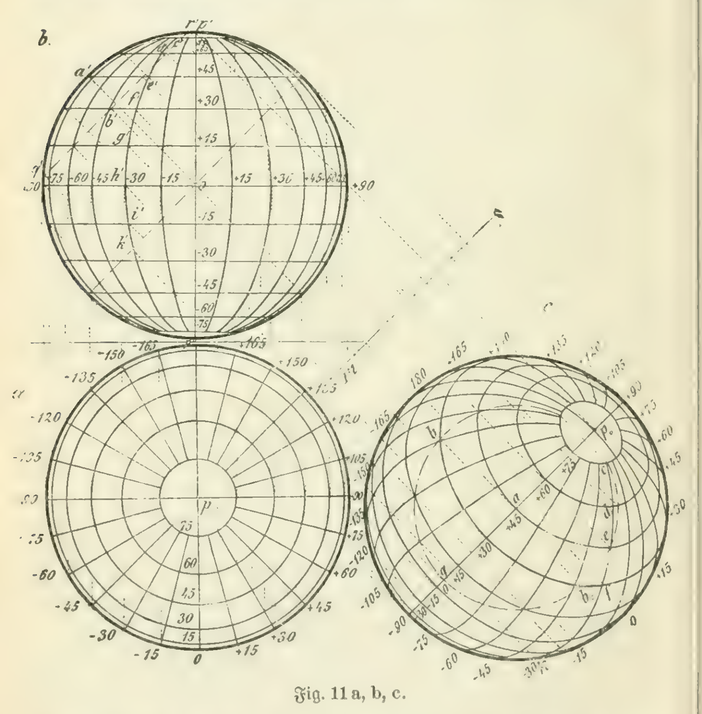


Fig. 11 a, b, c.

erhält man z. B. zu b′ die neue Horizontalprojektion b resp. b_0. Die verschiedenen Meridiane werden ebenfalls Ellipsen, deren einzelne Punkte sich dadurch ergeben, daß man die neuen Horizontalprojektionen c, d, e, f, ... der Schnitt-

punkte der verschiedenen Parallelkreise mit den einzelnen Meridianen bestimmt. Der durch A gehende Mittelmeridian dagegen projiziert sich als eine durch die Kartenmitte a gehende Gerade parallel zum neuen Grundschnitt m n.

Die Figuren 11a, b, c stellen eine Vereinigung der drei orthographischen Projektionen dar. Diejenigen Gegenden, die in der Nähe der Kartenmitte liegen, werden bei der orthographischen Projektion sehr genau abgebildet; da aber die Zonenbreite von der Mitte nach dem Rande hin fortwährend abnimmt, so wird demgemäß die Abbildung um so ungenauer, je näher der betreffende Punkt am Kartenrande liegt. Man bedient sich deshalb dieser Projektion trotz ihrer plastischen Wirkung (Fig. 11c) nicht sehr gern. Ihre Anwendung scheint auf Hipparch (160—125 v. Chr.) zurückzugehen; sie empfiehlt sich besonders für solche Himmelskörper, die sich uns, wie z. B. der Mond, von selbst orthographisch darstellen. Betrachtet man einen Globus aus großer Entfernung, so erscheint sein Gradnetz in nahezu orthographischer Projektion.

2. Die stereographischen Projektionen.

Der Begriff der Winkeltreue.

Bei der stereographischen Projektion befindet sich der Augpunkt in irgend einem Punkte der Erdoberfläche, und die Bildebene geht in der Regel durch den Mittelpunkt der Erdkugel. Diese, auch bereits von Hipparch ersonnene Abbildungsart nannte Ptolemäus *Ἅπλωσις ἐπιφανείας σφαίρας* (Planisphärium), also zu deutsch „Verebnung der Kugeloberfläche".

Je nachdem das Auge am Pol, am Äquator oder an einem beliebigen anderen Punkt gedacht wird, nennt man die Projektion stereographisch polar, stereographisch

äquatorial oder stereographisch horizontal. Die Bildebene geht durch den Mittelpunkt der Erde und steht immer senkrecht auf dem zentralen Sehstrahl, also auf jenem Sehstrahl, den man zum Mittelpunkt des Globus führt. Bei der stereographischen Polarprojektion befindet sich demnach die Bildebene in der Ebene des Äquators, bei der stereographischen Äquatorialprojektion in der Ebene desjenigen Meridians, der um 90° vom Meridian des Augpunktes absteht, bei der stereographischen Horizontalprojektion fällt die Bildebene mit der Ebene des wahren Horizonts des Augpunktes zusammen. Man kann jedoch die Bildebene auch parallel zu diesen Stellungen verschieben und die Oberfläche der Erde berühren lassen.

Selbstverständlich wird bei den stereographischen Projektionen stets derjenige Teil der Kugel dargestellt, dessen Mitte der dem Augpunkte diametral gegenüberliegende Punkt ist.

Die Alten kannten nur die stereographische Polarprojektion, die Araber führten den Gebrauch der Horizontalprojektion ein.

Ist ABCD (Fig. 12) die Kugel, A das Auge und MN die Projektionsebene, so ist der Punkt f, in welchem der von A nach einem Punkt F der Kugeloberfläche gezogene Sehstrahl der Bildebene trifft, die stereographische Projektion des Punktes F; ebenso ist q die stereographische Projektion von Q. Ist A zugleich der eine Pol der Erde, so ist die Projektion stereographisch polar. In derselben erscheinen alle Meridiane als gerade Linien, die strahlenartig vom Mittelpunkte O der Projektion auslaufen. Zieht man nämlich die Sehstrahlen AE_1 AE_2 AE_3 AE_4 . . . zu den Punkten E_1 E_2 E_3 E_4 . . . des Meridians CE_1 E_2 E_3 . . . A, so bildet das entstandene Strahlenbündel eine Ebene, welche mit der Meridianebene CGA zusammenfällt; diese kann

die Projektionsebene nur in einer Geraden OG schneiden. Die Projektion des Erdpols C liegt in O, und da alle Meridiane durch C laufen, müssen ihre Projektionen durch O gehen. Es wird also OG die stereographische Projektion des Meridians CGA, OB jene des Meridians CBA sein. Die Meridianebenen CBA und CGA schließen den sphärischen Winkel BCG ein, der durch den Äquatorbogen BG gemessen wird; BG ist aber auch das Maß des

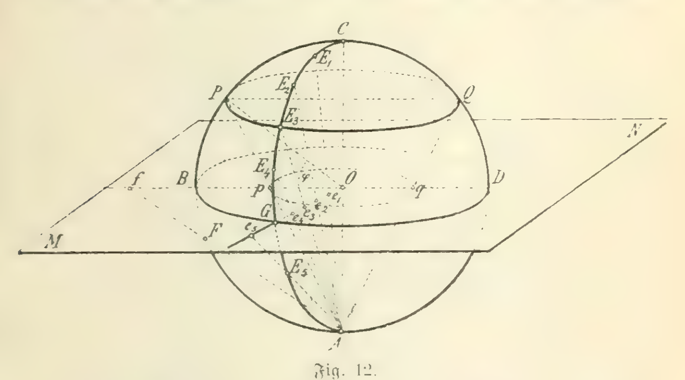


Fig. 12.

Zentriwinkels BOG, d. h. desjenigen Winkels, den die Projektionen der bezüglichen Meridiane einschließen. Also bilden die geradlinigen Projektionen der Meridiane Winkel, welche den Längengraden gleich sind. Der Äquator liegt in der Projektionsebene selbst und erscheint daher in seiner Größe unverändert. Die Parallelkreise erscheinen wieder als Kreise, und zwar sind sie mit dem Äquator konzentrisch; denn die zum Parallelkreis PQ geführten Sehstrahlen bilden die Mantelfläche eines senkrechten Kreiskegels, welcher von der zur Basisebene parallelen Projektionsebene längs einer Kreislinie pq geschnitten wird; der Sehstrahl AC geht

ferner durch die Mittelpunkte aller Parallelkreise; somit fallen die Projektionen sämtlicher Parallelkreismittelpunkte nach O. Um den Halbmesser r der Projektion eines Parallelkreises in der Breite φ zu berechnen, bedenke man, daß $\sphericalangle COP = 90^0 - \varphi$, somit $\sphericalangle CAP = \frac{1}{2}(90^0 - \varphi)$ ist. Aus $\triangle AOp$ folgt aber, wenn man $AO = R$ setzt:

$$r = pO = R \operatorname{tg}\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right).$$

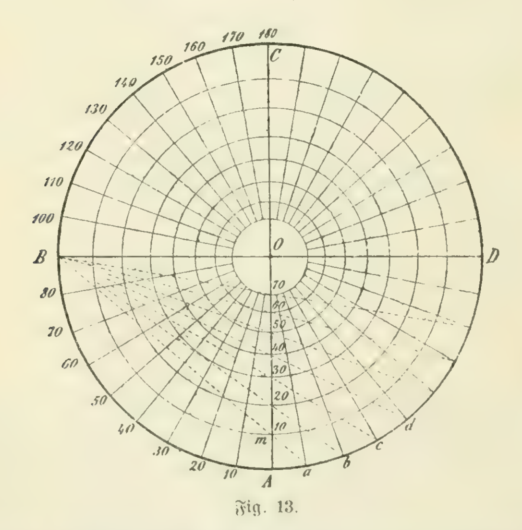


Fig. 13.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich folgendes Verfahren für den Entwurf eines Netzes in stereographischer Polarprojektion:

Mit beliebigem, der Größe des gewählten Blattes entsprechendem Halbmesser (Fig. 13) beschreibe man einen Kreis ABCD, welcher den Äquator vorstellt. Will man das Maß

etwa von 10^0 zu 10^0 haben, so nimmt man am Äquator diese Teilung vor und zieht durch die Teilungspunkte Halbmesser: dann stellen diese die Meridiane dar. Nun verbindet man den Punkt B des Äquators mit den Punkten a, b, c, d usw. der Längenteilung, welche den Längen 10^0, 20^0, 30^0, 40^0 usw. entsprechen. Wo diese Verbindungslinien den Meridian AC treffen, hat man die Breitengradteilung entsprechend den Breiten von 10^0, 20^0, 30^0, 40^0 usw. Zieht man durch die so erhaltenen Punkte konzentrische Kreise, so erhält man die den Breiten 10^0, 20^0, 30^0, 40^0 usw. entsprechenden Parallelkreise.

Daß z. B. Om wirklich der Halbmesser zum Parallelkreis von $\varphi = 10^0$ Breite ist, ergibt sich aus der Betrachtung des Dreiecks OBm. Es ist nämlich $\sphericalangle \mathrm{DOa} = 90^0 - \varphi$, daher

$$\sphericalangle \mathrm{DBa} = 45^0 - \frac{1}{2}\varphi \quad \text{und} \quad \mathrm{Om} = \mathrm{OB}\,\mathrm{tg}\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

oder $\mathrm{Om} = \mathrm{R}\,\mathrm{tg}\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)$ wie oben, und folglich $\mathrm{Om} = \mathrm{r}$.

Aus Figur 12 ergibt sich, daß, wenn C der Nordpol ist, die ganze nördliche Hemisphäre innerhalb des Äquators, die südliche außerhalb desselben zu liegen kommt. Die Projektion f des Punktes F fällt schon ziemlich weit vom Mittelpunkt der Karte, und diese Entfernung wird unendlich groß für Punkte, die in nächster Nähe von A liegen. Die Darstellung der ganzen Erdoberfläche auf einem einzigen Blatte ist daher bei den stereographischen Projektionen unmöglich, und die Parallelkreise der anderen Hemisphäre liegen um so weiter vom Mittelpunkt des Blattes entfernt, je größer die betreffende geographische Breite ist.

Der stereographischen Projektion kommen folgende wichtige Eigenschaften zu:

1. Die stereographischen Projektionen aller Kugelkreise, welche nicht durch den Augpunkt gehen, werden wiederum Kreise.
2. Alle Winkel auf der Kugeloberfläche sind gleich den Winkeln in der Projektion, d. h. die Projektion ist winkeltreu im unendlich Kleinen.

Um den ersten Satz zu beweisen, betrachte man (Fig. 14) den Kugelkreis TPQRS. Ist nämlich MN die Bildebene,

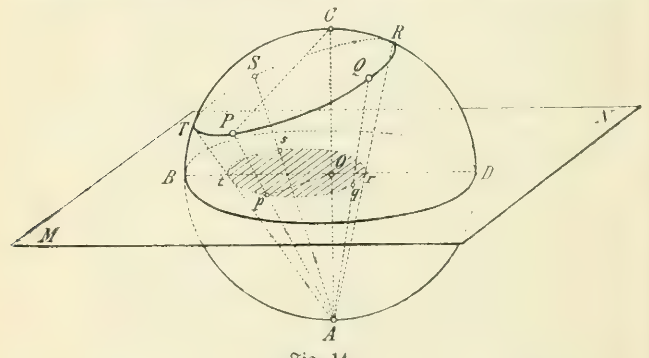


Fig. 14.

A der Augpunkt, C sein Gegenpunkt, p die stereographische Projektion von P, so ziehe man CP und Op, so ist $\sphericalangle CPA = \sphericalangle COp = 90^0$, d. h. $\triangle CPA \sim \triangle pOA$; somit verhält sich:

$Ap : AO = AC : AP$, d. h. es ist
$Ap \cdot AP = AO \cdot AC$. Ebenso läßt sich beweisen, daß
$Aq \cdot AQ = AO \cdot AC$
$Ar \cdot AR = AO \cdot AC$
$As \cdot AS = AO \cdot AC$ ist;
. . . . , somit ist

$Ap \cdot AP = Aq \cdot AQ = Ar \cdot AR = As \cdot AS = \ldots$
$= AO \cdot AC$, d. h. konstant.

Es liegt somit der Kugelkreis und seine Projektion auf einer und derselben Kugelfläche; da aber die Projektion auch in der Ebene MN liegt, so liegt sie auf einer Kugel und in einer Ebene zugleich, kann also nichts anderes als ein Kreis sein.

Um die Eigenschaft der Winkeltreue zu beweisen, legen wir (Fig. 15) an die Kugelkreise x y und u z in deren Schnittpunkt A die Tangenten AF und AG an, so ist ∢ FAG das Maß des von x y und u z gebildeten sphärischen Winkels und FG die Durchschnittslinie der

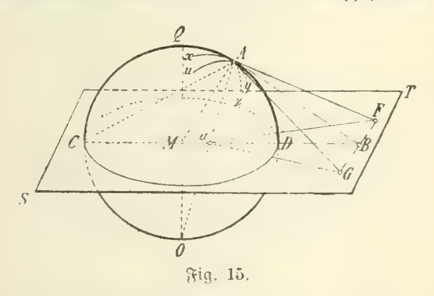


Fig. 15.

durch FAG gedachten Ebene mit der Bildebene. Die Projektion des Punktes A ist a. Denken wir uns a mit F und G verbunden, so sind aF und aG die Projektionen von AF und AG und folglich die Tangenten zu den Projektionskreisen, und FaG die Projektion von FAG.

Um zu beweisen, daß ∢ FaG = ∢ FAG ist, lege man durch A, O und Q den größten Kreis OAQ und ziehe an letzteren in A die Tangente in AB, welche FG in B schneidet. Da nun die Ebenen AFG und ST gleichzeitig auf der Ebene ODAQ senkrecht stehen, so steht auch ihre Schnittlinie FG auf der Ebene ODAQ senkrecht, d. h. es ist FG ⊥ BA und FG ⊥ Ba, d. h. die Dreiecke ABF,

aBF, ABG und aBG sind sämtlich bei B rechtwinklig. Bezeichnet man nun $\sphericalangle ACM$ mit γ, so ist $\sphericalangle AMD = 2\gamma$ und $\sphericalangle AMO = 90^0 + 2\gamma$. Nun ist $\sphericalangle aAB$ (als Tangentensehnenwinkel) $= \frac{1}{2} \sphericalangle AMO = 45^0 + \gamma$. Da aber

$$\sphericalangle CAO = \tfrac{1}{2} \sphericalangle CMO = 45^0 \quad \text{ist, so ist}$$

$$\underline{\sphericalangle AaB = \sphericalangle CAa + \sphericalangle ACa = 45^0 + \gamma\,,}$$

d. h. es ist

$$\sphericalangle aAB = \sphericalangle AaB\,, \quad \text{somit auch}$$

$$aB = AB\,, \quad \text{also ist}$$

$$\triangle aBG \cong \triangle ABG \quad \text{und}$$

$$\triangle aBF \cong \triangle ABF\,.$$

Also:

$$\sphericalangle GaB = \sphericalangle GAB\,,$$

$$\underline{\sphericalangle FaB = \sphericalangle FAB\,,} \quad \text{also auch}$$

$$\sphericalangle GaB + \sphericalangle FaB = \sphericalangle GAB + \sphericalangle FAB \quad \text{oder}$$

$$\sphericalangle FaG = \sphericalangle FAG\,.$$

Auch die Zeichnung eines Erdbildes nach der stereographischen Äquatorialprojektion beruht auf denselben Überlegungen. Es ist leicht ersichtlich (Fig. 16), daß bei ihr, da der Augpunkt A im Äquator liegt, mit Ausnahme des Äquators AFQLG und des Mittelmeridians BQC, deren Ebenen durch den Augpunkt gehen, die Projektionen sämtlicher übriger Kreise wiederum Kreisbögen werden müssen, und es handelt sich nur darum, deren Mittelpunkte und Halbmesser zu finden. Zeichnet man zunächst den in die Projektionsebene MN fallenden Begrenzungsmeridian BGCF und zeichnet in demselben einen aufrechtstehenden Durchmesser BC und einen dazu senkrechten Durchmesser FG, so stellt BC die Projektion des Mittelmeridians BQC,

FG diejenige des Äquators und die Punkte B und C die beiden Pole dar. Hat man ein System von Parallelkreisen, z. B. von 15° zu 15° abzubilden, so teilen diese auf der Kugel den Begrenzungsmeridian BJGCFH in 24 gleiche

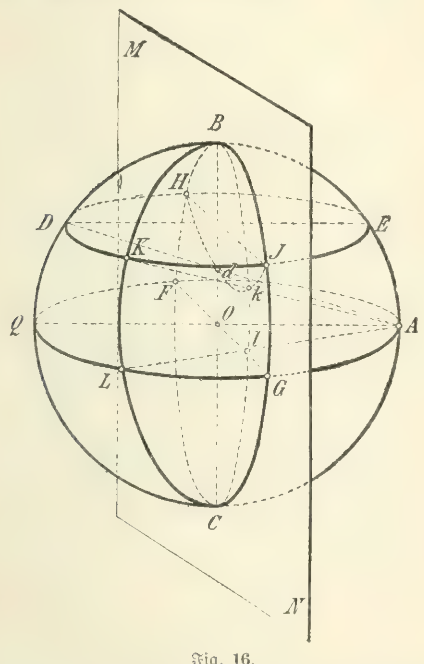


Fig. 16.

Teile, wodurch sich für die Darstellung eines jeden Parallelkreises zunächst zwei Punkte ergeben. Ein weiterer dritter Punkt auf jedem Parallelkreis ergibt sich, indem man die Projektion d des auf dem Mittelmeridian liegenden Parallel=

kreispunktes D mit Hilfe des Strahles AD bestimmt. Da alle Parallelkreise den Mittelmeridian senkrecht schneiden, so müssen auch ihre Projektionen von BC senkrecht ge-

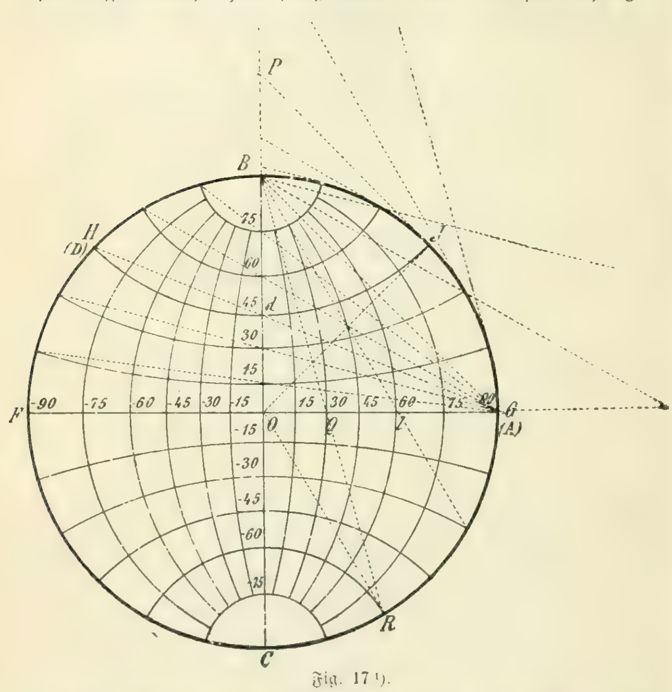


Fig. 17 [1]).

schnitten werden, d. h. die Projektionen aller Parallelkreismittelpunkte liegen auf der Polarachse BC oder ihrer Verlängerung. Da auch der Begrenzungsmeridian senkrecht

[1]) Die eingeklammerten Buchstaben bei Figur 17 beziehen sich auf die entsprechenden Lagen der betreffenden Punkte in der Ebene des Mittelmeridians von Figur 16.

getroffen werden muß, so ist demnach der Radius OJ (Fig. 17) Tangente an den Parallelkreisbogen HJ, d. h. der zugehörige Kreismittelpunkt ist der Schnittpunkt P der auf OJ in J errichteten Senkrechten mit BC. Die Projektionen der verschiedenen Meridiane müssen offenbar sämtlich durch die Punkte B und C gehen. Einen weiteren Punkt erhält man, indem man die Projektion l des auf dem Äquator liegenden Meridianpunktes L bestimmt (Fig. 16). Da alle Meridiane den Äquator senkrecht schneiden, so müssen demnach auch in der Projektion alle Meridiane den Durchmesser FG senkrecht schneiden, d. h. die betreffenden Kreismittelpunkte müssen sämtlich auf der Geraden FG oder ihrer Verlängerung, also auf der Äquatorialachse, liegen. Um z. B. den Mittelpunkt für denjenigen Meridianbogen zu finden, der mit dem Begrenzungsmeridian einen sphärischen Winkel von 15° bildet, hat man nur nach dem oben über den Begriff der Winkeltreue Gesagten zu bedenken, daß auch die Projektion dieses Meridians mit derjenigen des Begrenzungsmeridians, d. h. mit BFCG, einen Winkel von 15° und somit auch die zugehörigen Halbmesser zum Schnittpunkt B bzw. C einen Winkel von 15° einschließen müssen. Man hat daher nur $\sphericalangle OBQ = 15^0$ zu machen, so stellt der aus Q mit QB beschriebene Kreisbogen das Bild des betreffenden Meridians dar. Da $\sphericalangle COR = 30^0$ ist, so ist demnach $\sphericalangle CBR = 15^0$, d. h. Q ist nichts anderes als der Schnittpunkt von BR mit FG.

Für die Zeichnung eines Netzes in stereographischer Äquatorialprojektion ergibt sich mithin: In einen mit beliebigem, der Größe des Kartenblattes entsprechendem Halbmesser beschriebenen Kreis zeichne man aufeinander senkrecht die Polar- und Äquatorialachse und teile dann den Umfang des Begrenzungsmeridians in die erwünschten Gradabschnitte. Die Mittelpunkte der Breiten- bzw. Meridian-

kreise findet man dann entweder durch Konstruktion, wie sie aus Figur 17 erhellt, oder durch Berechnung auf Grund folgender Überlegung.

Ist allgemein die geographische Breite des Parallelkreises HDJ $= \varphi$, so ist offenbar $\sphericalangle$ JOG $= \varphi$, somit auch $\sphericalangle$ JPO $= \varphi$, d. h. der Halbmesser des betreffenden Parallelkreises ist dann $PJ = OJ \operatorname{ctg} \varphi = R \operatorname{ctg} \varphi$. Ist ferner allgemein $\sphericalangle$ OBQ $= \lambda$, d. h. soll der abzubildende Meridian mit dem Begrenzungsmeridian den Winkel λ bilden, so folgt aus dem rechtwinkligen $\triangle$ BOQ für die Länge QB des Halbmessers von der Projektion des betreffenden Meridians:

$$QB = \frac{BO}{\cos\lambda} = \frac{R}{\cos\lambda}\text{; ferner ist } OQ = BO \cdot \operatorname{tg}\lambda = R \cdot \operatorname{tg}\lambda .$$

Um die stereographische Horizontalprojektion für einen Ort zu erhalten, dessen geographische Länge $= 0^0$ und dessen nördliche geographische Breite $= 48^0$ ist, denke man sich in Figur 18 U als diesen Ort, mithin als den Mittelpunkt der darzustellenden Halbkugel angenommen. Dann ist der Gegenpunkt A der Augpunkt und die Ebene MN des wahren Horizontes von U die Projektionsebene. Den Rand der Karte (Fig. 19) bildet der Schnittkreis GJHK der Projektionsebene MN mit der Kugel, und der aufrechtstehende Durchmesser GH stellt dann die Projektion des Mittelmeridians GVZPWUEH in Figur 18 dar. Da die Ebene des Äquators EQ die Projektionsebene MN nach dem zu GH senkrechten Durchmesser KJ schneidet, so muß das Bild des Äquators in Figur 19 durch die Endpunkte K und J des zu GH senkrechten Durchmessers gehen. Die Projektionen der auf dem Mittelmeridian GVZPWUEH (Fig. 18) liegenden Punkte der verschiedenen Parallelkreise müssen offenbar auf GH fallen und ergeben sich mit Hilfe der

Strahlen AV, AZ, AP, AW, AU usw.; dabei ist zu bemerken, daß die Projektion u von U in den Mittel-

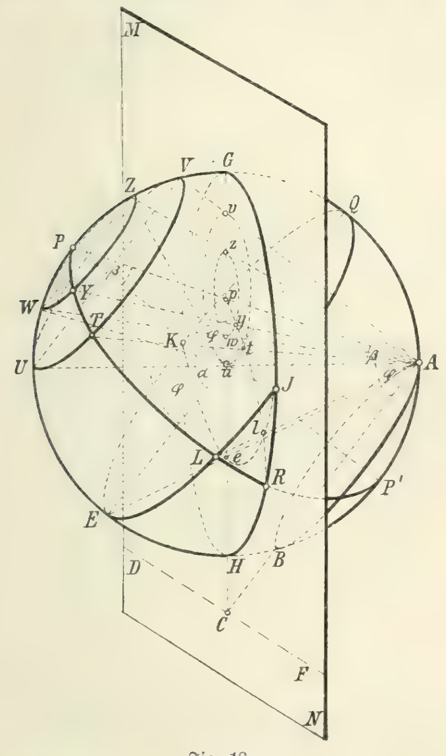


Fig. 18.

punkt des Randkreises fällt. Macht man nun in Figur 19 ∢ Kue″ = 48° (geographische Breite von U), errichtet auf e″uq″ in u die Senkrechte p′up″, teilt von e″ aus die

Peripherie des Randkreises in 24 gleiche Teile und zieht von den Teilpunkten Strahlen nach J, so liefern deren Schnittpunkte mit GH die stereographischen Projektionen der auf dem Mittelmeridian liegenden Punkte eines Systems von Parallelkreisen im Abstande von je 15°. Ist z. B. Bogen $p'w'' = p'z'' = 15^0$, so geben die Schnittpunkte von GH

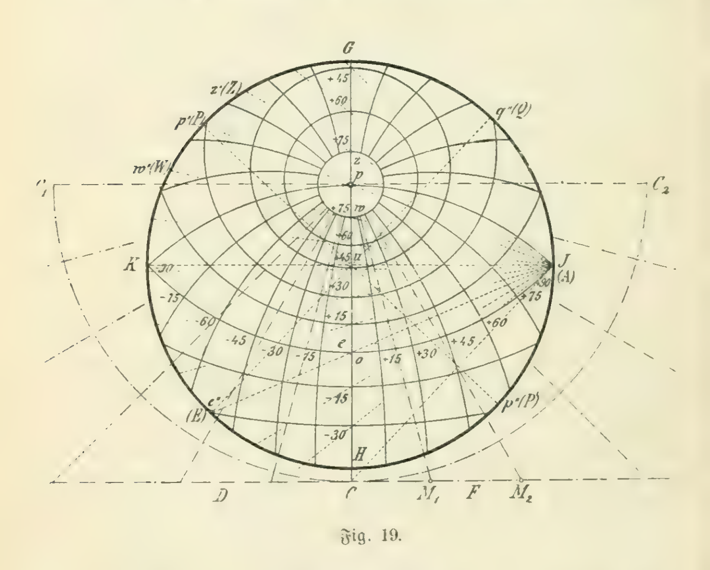


Fig. 19.

mit den Strahlen Jw'' und Jz'' die stereographischen Projektionen von W und Z in w und z, durch welche der Parallelkreis in 75° nördlicher Breite gehen muß. Da nun alle Parallelkreise den Mittelmeridian senkrecht schneiden, so muß dies auch in der Projektion der Fall sein, d. h. die Mittelpunkte der Parallelkreise müssen in der Projektion

sämtlich auf GH liegen, wonach sich die Parallelkreise leicht zeichnen lassen; so ist z. B. der Mittelpunkt von w z der Mittelpunkt des Parallelkreises in 75° nördlicher Breite.

Von den verschiedenen Parallelkreisen gibt es auch einen, der sich als gerade Linie projiziert, nämlich denjenigen, welcher durch den Augpunkt A geht. Die Projektion DF dieses Parallelkreises ist nichts anderes als die Schnittlinie DF der Parallelkreisebene AB mit der Bildebene MN, und, wie sich durch einfache Betrachtung ergibt, muß DF auf GH senkrecht stehen. In Figur 19 ergibt sich DF, indem man durch J eine Parallele zu $e'' q''$ zieht, deren Schnittpunkt C mit GH bestimmt und in C auf GC ein Lot errichtet. Da sämtliche Meridiane auch diesen besonderen Parallelkreis senkrecht schneiden, so muß dies auch in der Projektion der Fall sein, d. h. sämtliche Meridiane, mit Ausnahme des Mittelmeridians, werden Kreise, welche DF (Fig. 19) senkrecht schneiden müssen, woraus sich sofort ergibt, daß die Mittelpunkte dieser Kreise sämtlich auf DF liegen müssen. Der zum Mittelmeridian senkrechte Meridian ist offenbar der durch K, p und J gehende Kreis, dessen Mittelpunkt nach C fallen muß. Um das Bild eines Meridians zu erhalten, der mit dem eben erwähnten einen sphärischen Winkel von 15° bildet, beachte man wiederum, daß auch die Projektionen dieser Meridiane sich unter 15° schneiden müssen, und daß somit die Radien nach dem Schnittpunkte einen Winkel von 15° einschließen müssen. Macht man somit $\sphericalangle C p M_1 = 15°$, so ist M_1 der betreffende Mittelpunkt; da ferner die Projektionen aller Meridiane durch p gehen müssen, so stellt der aus M_1 mit $M_1 p$ beschriebene Kreisbogen das Bild des betreffenden Meridians dar. Um das Anlegen der verschiedenen Winkel an p C zu erleichtern, beschreibe man aus p mit p C einen Halbkreis, errichte in p auf C p eine Senkrechte und teile von C aus diesen Kreis nach beiden Seiten je in sechs gleiche

Teile, wonach sich die stereographische Horizontalprojektion leicht vervollständigen läßt, wie Figur 19 zeigt[1]).

Durch eine ähnliche Beweisführung, wie bei der Äquatorialprojektion (S. 47), läßt sich darlegen, daß die Länge der Radien der Meridiankreise $= \frac{R}{\cos\varphi \cos\eta}$ ist, wenn φ allgemein die geographische Breite von U, η allgemein den Winkel darstellt, den der gesuchte Meridian mit dem Meridian K p J (Fig. 19) einschließt; für die Länge der Halbmesser der Parallelkreise ergibt sich der Ausdruck

$$\frac{R}{2}\left(\operatorname{ctg}\frac{\alpha+\varphi}{2} - \operatorname{tg}\frac{\alpha-\varphi}{2}\right),$$

wobei α die geographische Breite des betreffenden Parallelkreises, φ wieder die geographische Breite von U darstellt.

Die stereographischen Projektionsarten können zur Darstellung größerer Teile der Erdkugel benutzt werden. In ihnen sind fast durchweg die Planigloben der in den letzten Dezennien entstandenen Atlanten gezeichnet (östliche und westliche, nördliche und südliche Halbkugel, Halbkugeln der größten Land- und Wassermassen). Doch bedingt diese Darstellungsart auch einen großen Fehler. Betrachtet man die in den Figuren 13, 17 und 19 dargestellten Netze, so bemerkt man, daß es Stellen auf der Karte geben wird, wo die Grade sich erweitern, und andere, wo sie sich verengern. Bei der stereographischen Polarprojektion z. B. werden die Breitengrade in der Nähe des Pols immer enger, bei der Äquatorialprojektion fallen die Längengrade in der Mitte der Karte viel zu klein aus. Der Hauptmangel der stereographischen Projektion liegt in der bedeutenden Ver-

[1]) Die eingeklammerten Buchstaben in Figur 19 beziehen sich auf die entsprechenden Lagen der betreffenden Punkte in der Ebene des Mittelmeridians in Figur 18.

größerung des Maßstabes von der Mitte zum Rand, ein Mangel, der besonders dann auffallend wird, wenn man, was bei den stereographischen Projektionen möglich ist (Fig. 12), die Darstellung über die Halbkugelfläche ausdehnt.

Man behebt diese Übelstände zum Teil durch parallele Verschiebung der Projektionsebene, zum Teil, indem man das Auge in endliche Entfernung von der Kugelfläche wegrückt. Im letzteren Falle erhält man die sogenannte externe Projektion. Figur 20 zeigt die Lage des Auges und der Bildebene bei diesen Kombinationen, in a für eine stereographische Projektion, bei welcher die Bildebene die Kugelfläche berührt, in b für die externe Projektion, wobei die Bildebene entweder durch den Mittelpunkt des Globus gehen oder aber den Globus berühren kann. Die Lage der Bildebene im Falle a ist die heute allgemein übliche. Die Darstellungsformel der Projektion wird dadurch nicht verändert, nur der Maßstab wird doppelt so groß als die einer Projektion auf die durch die Erdmitte gelegte Bildebene.

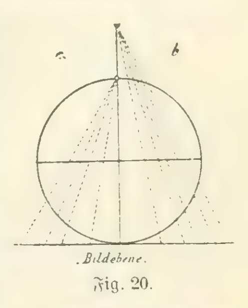


Fig. 20.

Die externe Projektionsart gestattet, bis $^5/_6$ der Erdoberfläche zur Darstellung zu bringen.

Im Altertum zunächst nur für die Zeichnung von Himmelskarten angewandt, wurde die stereographische Projektion für die Landkartenzeichnung erst nach der Entdeckung Amerikas benutzt, als die bekannte Welt immer mehr sich erweiterte und man das Bedürfnis nach einer Abbildungsmethode fühlte, welche die Darstellung einer Halbkugelfläche und mehr gestattete. Da erinnerte man sich an das Planisphärium des Ptolemäus, und gerade bei einer Neuauflage der Geographie

des letzteren wandte man diese Projektion zum ersten Male an. Aber zu eigentlicher Lebenskraft wurde sie erst durch den Nürnberger Mathematiker Johannes Werner (1468 bis 1528) gebracht. Viele Atlanten des 16.—18. Jahrhunderts enthalten sowohl Erd- als auch Länderkarten in dieser Projektion.

3. Die Zentral- oder gnomonische Projektion.

Die Spuren der Zentralprojektion scheinen bis in die Zeiten des Thales zurückzuführen. Es ist wenigstens nicht unwahrscheinlich, daß die Darstellung der Sonnenbahn in der Gestalt der alten Sonnenuhren (Gnomon) auch zur Abzeichnung des gestirnten Himmels nach der gleichen Projektion führen konnte. Eine Verwendung der zentralen Projektionsmethode für die Zeichnung von Landkarten ist für das Altertum zweifelhaft. Erst in unserem Jahrhundert kam sie als Landkartenprojektion zu besonderer Geltung, und zwar dank ihrer Eigenschaft, die größten Kreise der Kugel durch gerade Linien wiederzugeben.

Wie schon der Name sagt, denkt man sich das Auge bei der Zentralprojektion im Mittelpunkt der Erde gelegen und die Bildebene die Oberfläche berührend. Auch die Zentralprojektion kann somit eine polare, äquatoriale oder horizontale sein, je nachdem die Bildebene den Pol, einen Punkt des Äquators oder einen anderen beliebigen Punkt der Erdoberfläche berührt.

Es sei in Figur 21 EPQ der Erdglobus, EQ ein Stück des Äquators, P der Nordpol: das Auge denke man sich im Mittelpunkte O, die Bildebene MN berühre die Kugel im Punkte Q des Äquators. Um nun nachzuweisen, daß die größten Kreise der Kugel durch gerade Linien wiedergegeben werden, haben wir nur zu überlegen, daß die zu den verschiedenen Punkten ein und desselben größten Kreises

gezogenen Sehstrahlen gleichzeitig Halbmesser dieses Kreises sind und somit in der Ebene dieses letzteren liegen, welche

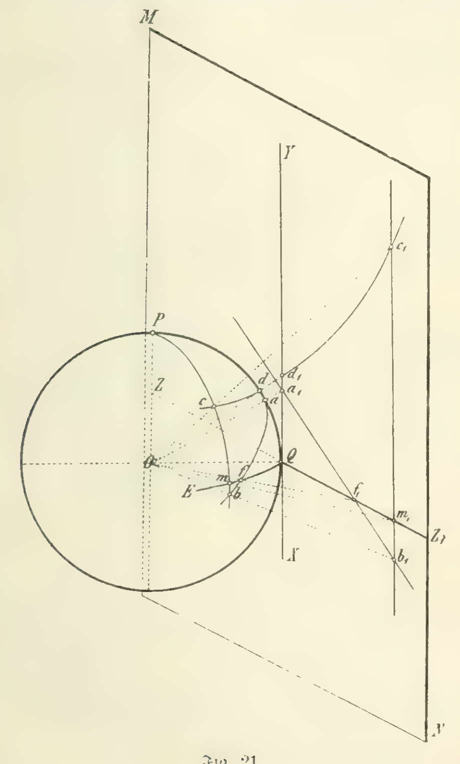


Fig. 21.

die Projektionsebene in einer geraden Linie schneiden muß. Nun bildet aber der Schnitt dieser zwei Ebenen die Projektion des fraglichen größten Kreises, folglich ist letztere

eine gerade Linie. Somit werden der Äquator und der mit seiner Ebene auf der Bildebene senkrecht stehende Meridian durch zwei aufeinander senkrechte gerade Linien dargestellt. Es seien XY und ZZ_1 diese zwei Geraden in der Bildebene MN. Die Linie XY wird parallel zur Globusachse ausfallen und die Kugel in Q berühren; dadurch ergibt sich die Lage der Linie ZZ_1, denn sie muß auf XY senkrecht stehen und den Globus ebenfalls in Q berühren. Um uns die Entstehung der Projektion irgend eines anderen Meridians klarzumachen, müssen wir bedenken, daß diese Projektionen alle durch die Projektion des Pols gehen müssen. Da der zum Pol geführte Sehstrahl parallel zur Bildebene ausfällt, kann er letztere nur in unendlicher Entfernung treffen; in unendlicher Entfernung werden sich also auch die Meridianprojektionen treffen. Daraus folgt, daß letztere durch parallele, auf dem Äquator senkrecht stehende Linien dargestellt werden. Wir brauchen also nur den zum Fußpunkte eines gegebenen Meridians gerichteten Sehstrahl Om so lange weiterzuführen, bis wir damit die Linie ZZ_1 in m_1 treffen. Führt man durch m_1 die Linie $c_1 b_1$ senkrecht auf $Z_1 Z$, so ist diese Senkrechte die Projektion des Meridians Pm.

Die Parallelkreise können nicht so einfach gezeichnet werden, da sie auf der Bildebene als Kegelschnittlinien erscheinen. Um z. B. die Endpunkte c und d des Parallelkreisbogens cd zu projizieren, müssen die Sehstrahlen Oc, Od so weit verlängert werden, bis sie die entsprechenden Meridiane in c_1 bzw. d_1 treffen. Der Abstand von c_1 von der Projektion des Äquators ist größer als der Abstand $d_1 Q$, und diese Entfernung ändert sich für jeden Punkt des betrachteten Parallelkreises. Die Breitengrade werden also nicht nur untereinander nicht gleich sein, sondern auf allen Meridianen verschieden lang ausfallen; aber auch die Längen-

grade sind untereinander nicht gleich. Das Netz einer gnomonischen Projektion ist somit nicht so einfach zu zeichnen wie das der bisher betrachteten Projektionsmethoden. Dagegen ist es sehr leicht, einen größten Kreis zu projizieren, von dem nur zwei Punkte gegeben zu sein brauchen. Will man z. B. die Projektion des durch a und b gehenden größten Kreises haben, so verlängert man den Strahl O a bis nach a_1, den Strahl O b bis nach b_1 und verbindet a_1 und b_1 durch eine gerade Linie; dann stellt diese die gesuchte Projektion dar.

Ist PQ der Nullmeridian, Q m die Länge λ des Meridians P m, also auch $\sphericalangle QOm = \lambda$ und R der Kugelradius, so ist die Projektion dieser Länge:

$$Q m_1 = R \operatorname{tg} \lambda .$$

Die Projektion der Breite m c erhalten wir aus dem rechtwinkligen Dreieck $O m_1 c_1$, wenn φ die Breite von c bedeutet;

$$m_1 c_1 = O m_1 \operatorname{tg} m_1 O c_1 = O m_1 \operatorname{tg} \varphi .$$

Ferner ist in Dreieck $Q O m_1 \; O m_1 = R \sec \lambda$[1]) und folglich:

$$m_1 c_1 = R \sec \lambda \operatorname{tg} \varphi .$$

Daraus ergibt sich für die gnomonische Äquatorialprojektion (Fig. 21) folgende Konstruktionsmethode: Man lege $MO \perp EQ$ an (Fig. 22) und beschreibe mit dem Radius des Globus den Kreis um L, der den Äquator in O berührt. Diesen Kreis teile man von O aus nach rechts und links von 0° bis 60° oder 70°, so geben die Durchschnitte der durch die Teilpunkte geführten und verlängerten Halbmesser die Fußpunkte der entsprechenden Längengrade. In

---

[1]) secans, schreibe abgekürzt: $\sec = \frac{1}{\cos}$.

der Tat ist der ersten der obigen Gleichungen entsprechend $Oa = R \operatorname{tg} \lambda$.

Macht man nun $ab \perp aL$, $\sphericalangle aLb = \varphi$ und $ab_1 = ab$, so ist b_1 der Schnittpunkt des Parallels von φ^0 Breite mit dem durch a gehenden Meridian, denn es ist

$$ab_1 = ab = La \operatorname{tg} \varphi ;$$

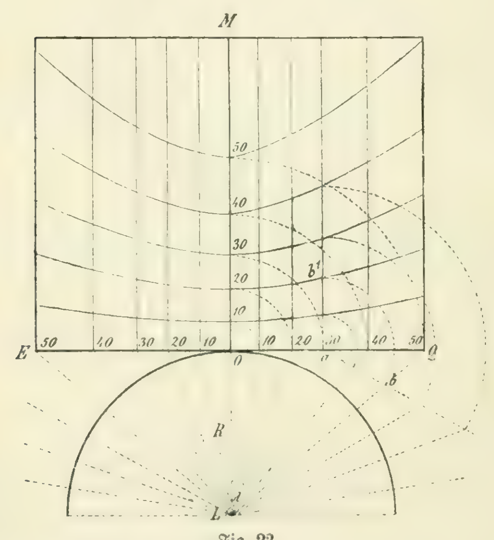


Fig. 22.

im Dreieck OLa ist aber $La = OL \sec \lambda$, also

$$ab_1 = R \sec \lambda \operatorname{tg} \varphi$$

wie oben. Bestimmt man mehrere Punkte eines und desselben Parallelkreises in der gleichen Art und verbindet sie, so erhält man die Projektion des betreffenden Parallelkreises.

In der **gnomonischen Polarprojektion** berührt die Bildebene MN die Erdoberfläche in einem der beiden Pole. Die verlängerten Meridianebenen schneiden die Bildebene nach Geraden, die durch P gehen, weil der Pol den gemeinschaftlichen Schnittpunkt aller Meridiane bildet (Fig. 23). Die Projektionen der Meridiane werden aber gleichzeitig auch Tangenten zu dem Globus sein, daher unter sich gleiche Winkel einschließen wie in Wirklichkeit. Ist z. B. Pc die Projektion von PCR, Pb jene von PBQ, so ist $\sphericalangle bPc$ das Maß des sphärischen Winkels QPR. Ein zu allen

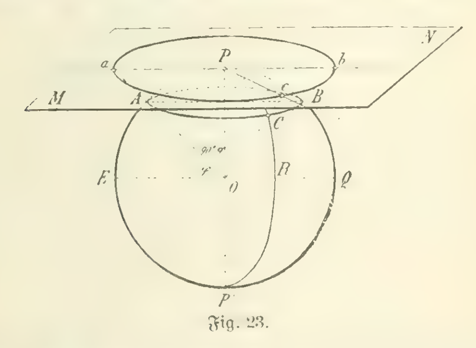


Fig. 23.

Punkten des Parallelkreises AB geführtes Strahlenbündel bildet eine Kegelfläche, und diese wird von der auf der Achse dieser Kegelfläche senkrechten Bildebene MN nach einem Kreise geschnitten; weil ferner die Mittelpunkte aller Parallelkreise auf der Linie OP liegen, werden die Projektionen dieser Mittelpunkte sich in P befinden. Die Parallelkreise erscheinen demnach wieder als Kreise mit dem gemeinschaftlichen Mittelpunkt im Pol; ihr Halbmesser ergibt sich aus Dreieck aOP:

$$Pa = R\,tg(90^0 - \varphi) = R\,cotg\,\varphi\,.$$

Um ein solches Netz anzulegen (Fig. 24), zeichnet man die Meridiane als gerade Linien, die sich im Mittelpunkte der Karte unter Winkeln schneiden, welche den bezüglichen Längenunterschieden gleich sind. Von ihrem Durchschnittspunkte P aus macht man auf einem Meridian eine Strecke PO = R und führt von O aus Gerade, welche mit OP Winkel von 10°, 20°, 30° ... einschließen. Die Schnittpunkte der letzteren mit dem auf OP senkrechten Meridian

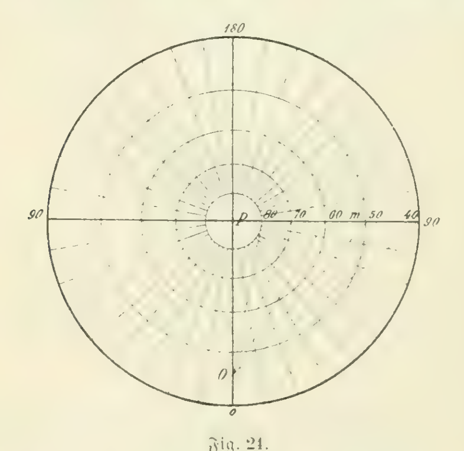


Fig. 24.

geben die Punkte, durch welche die Parallelkreise 80°, 70°, 60° ... gehen müssen. Ihr Mittelpunkt liegt in P. Man hat z. B. für den Parallelkreis von $\varphi = 50^0$ Breite: $Pm = PO \operatorname{tg} POm = R \operatorname{tg} 40^0 = R \operatorname{tg}(90^0 - \varphi) = R \operatorname{cotg} \varphi$, wie oben.

Man kann weder mit der Polar- noch mit der Äquatorialprojektion eine ganze Hemisphäre auf einmal auf einem Blatte darstellen. Betrachten wir nämlich die Figur 21, so

sehen wir, daß die Größe von Längen- und Breitengraden um so mehr zunimmt, je mehr man sich vom Mittelpunkt des Blattes entfernt. Der zum Pol geführte Sehstrahl würde das Blatt erst in unendlicher Entfernung treffen, ebenso der zu jenem Punkt des Äquators geführte, der in der Länge um 90° von Q absteht. Bei der Polarprojektion werden die Radien der in niedrigen Breiten gelegenen Parallelkreise schließlich so groß, daß sie auf einem Blatte von gewöhnlicher Ausdehnung keinen Raum mehr finden könnten.

Mit der Zentralprojektion können somit nur Teile der Erde auf einem Blatte zur Darstellung kommen, die kleiner als eine Halbkugel sind. Will man die ganze Erdoberfläche abbilden, so kann man sich um den Erdglobus einen Würfel gelegt denken, von dessen Seiten vier den Äquator, zwei die Pole berühren, und auf diese sechs Flächen die ganze Oberfläche gnomonisch projizieren. Noch besser werden die Abbildungen, wenn man durch die Projektion auf die Seiten eines *Polyeders* noch kleinere Teile der Kugelfläche für sich gesondert in der Ebene darstellt.

Diese Projektion findet in der Nautik Anwendung. Ein Schiff, welches sich von einem Orte der Erdoberfläche zu einem andern begibt, segelt auf kürzeren Seefahrten gewöhnlich in der *Loxodrome*, d. h. *längs einer Kurve, die alle Meridiane unter einem gleichen Winkel schneidet.* Es ist dies zwar nicht die kürzeste Verbindungslinie zweier Punkte einer Kugelfläche, dafür aber für die Schiffahrt die bequemste, weil die Fahrt auf ihr die stete Innehaltung desselben Kurses gestattet.

Kurs ist der Winkel, welchen die Bugrichtung des Schiffes mit dem Meridian einschließt. Bei längeren Seefahrten aber segelt man längs der *kürzesten* Verbindungslinie, und diese ist der Bogen des den Abfahrts-

und Ankunftspunkt verbindenden größten Kugelkreises, der Orthodrome. Segelt man also im größten Kreise, so kann man gnomonische Karten benutzen, welche die Einzeichnung dieses Segelweges als gerade Linie ermöglichen, wogegen bei der loxodromischen Schiffahrt die Mercator-Projektion (S. 77 ff.) verwendet wird. Zurzeit existieren meines Wissens nur sieben gnomonische Ozeankarten, davon sechs von U. S. A. Hydrographic Office herausgegeben. Danach zu urteilen, hat sich ihre Benutzung noch nicht eingebürgert.

Ganz allgemein kann man von den perspektivischen Projektionen sagen, daß sie in der Hauptsache nur didaktischen Wert besitzen. In der modernen Kartographie werden sie nur noch wenig angewendet. Immerhin gehören sie mit hierher, da sie den geometrischen Begriff der „Projektion" tatsächlich allein verkörpern. Die nun folgenden Methoden der Verebnung der Kugeloberfläche sind im geometrischen Sinne meist nicht mehr durch die Projektion von Punkten durch Strahlen auf eine Ebene zu erklären, sondern sie sind rein mathematisch rechnerische Abbildungsverfahren.

Zweites Kapitel.

Von der Erfindung des Kompasses bis zur Reformation der Kartographie.

§ 4. Die sogenannten loxodromischen Karten.

Die Karten des Altertums waren doch eigentlich immer nur sogenannte „Distanzkarten", indem zu ihrer Darstellung die Entfernungen der Punkte von einem rechtwinkligen Koordinatensystem benutzt wurden. Erst mit der Erfindung des Kompasses erhielt man ein Mittel, um die Richtungen der Punkte gegeneinander genauer zu bestimmen, und es entstanden nun auch „Richtungskarten", die man als „so-

genannte Kompaßkarten" oder auch als „loxodromische Karten" zu bezeichnen sich gewöhnt hat.

Die Figur 25 zeigt in schematischem Bilde ein Muster solcher Karten. Das auf ihr sichtbare Liniennetz hat mit einem Gradnetz nichts zu tun, ist vielmehr ein System rein zeichnerischer Hilfslinien, bestehend aus einer im Mittelpunkt der Karte liegenden Kompaßrose (Windrose des Horizontes) mit 16 Hauptrichtungen und einem Kranz von 16 anderen Rosen, die in 32 Teile geteilt sind. Die Mittelpunkte dieser Nebenrosen liegen längs der Peripherie eines zur Hauptrose konzentrisch gedachten Kreises, und zwar auf den 16 Hauptrichtungen der Zentralrose.

Man nennt einen Teil der 32teiligen Rose, der also einem Winkelwert von $360:32 = 11^{\circ}15'$ gleichkommt, einen Strich.

Um die Karten durch die vielen Strichlinien nicht zu undeutlich zu gestalten, pflegte man diese in verschiedenen Farben aufzutragen, und zwar in acht Hauptwindrichtungen (N, NO, O, SO, S, SW, W, NW) schwarz, die halben Winde NNO, ONO, OSO usw.) grün, die übrigen, die Viertelwinde, rot. Die Meilenskala zur Abmessung der Entfernungen war meist an den vertikalen Seitenrändern der Karte gezeichnet. Wie wurden diese Karten entworfen?

Schon seit uralten Zeiten pflegten die Seefahrer die Richtungen und die Distanzen zwischen den Orten, welche sie besuchten, anzumerken und in Schriften zu sammeln, welche sie Periplen, Stadiasmen, Portulani, Seebücher nannten. Diese Seebücher wurden fort und fort verbessert, und das in denselben enthaltene Material mußte schließlich einige Genauigkeit aufweisen. In den großen italienischen Seehandelsstädten des Mittelmeers lebten aber Leute, welche aus der Hydrographie und Kartographie ein Gewerbe machten. Sie sammelten diese Seebücher und zeich-

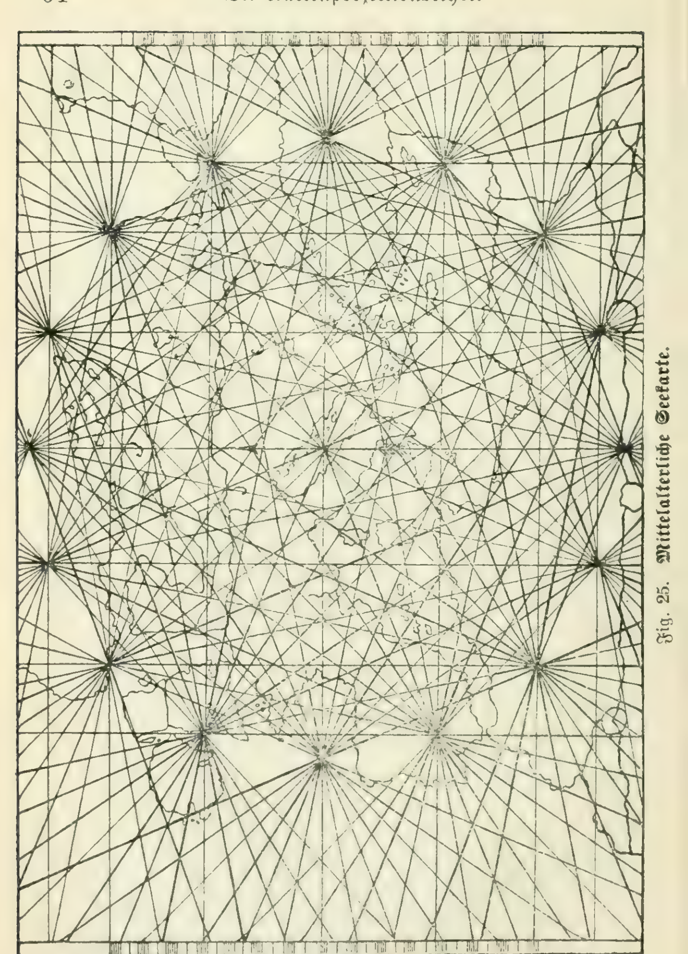


Fig. 25. **Mittelalterliche Seekarte.**

neten auf Grund derselben die Karten, indem sie für jede Reise vom gemeinschaftlichen Abfahrtsort mit Hilfe von Maßstab, Zirkel und Kompaß die Richtungen und Distanzen auftrugen. Fanden sie z. B., daß der Ort B 50 Meilen NO von A lag, so legten sie den Punkt B 50 Meilen nordöstlich von A an. Dann trugen sie einen dritten Punkt in bezug auf A oder B ein usf. Ergaben sich beim Auftragen aus verschiedenen Abfahrtspunkten Unterschiede in der Lagenbestimmung, so trachte man, aus vielen Angaben das Mittel zu bilden, um die Fehler auszugleichen. Für die Küsten zwischen diesen Punkten war vielleicht in den ursprünglichen Karten dieser Art noch anderes Material mitverwendet.

Wenn es auch kaum zweifelhaft sein kann, daß dieses Verfahren der „Kuppelung der loxodromischen Kurse“ die einzelnen Züge des Kartenbildes der italienischen Kartenzeichner bestimmt hat, so geben doch einzelne Umstände, wie gewisse Einzelheiten der Länderzeichnung und das unerklärlich frühe Auftreten schon sehr vollkommener Karten, Anlaß zum Zweifel an der ausschließlichen Abhängigkeit dieser Karten von der Einführung des Kompasses. In neuester Zeit hat H. Wagner den gelungenen Versuch gemacht, nachzuweisen, daß die mediterrane Seekarte sich aus der antiken Plattkarte (S. 27 ff.) mit Zentralrose entwickelt hat. Die Entstehung der „Kompaßkarte“ muß zurzeit noch als unaufgeklärt gelten.

Die ältesten Exemplare solcher mittelalterlicher Karten sind der unter dem Namen Atlas Luxoro bekannte See-Atlas in Genua (aus der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts) und die sogenannte „Pisanische Karte“, deren Entstehung vielleicht gegen Ende des 12. Jahrhunderts angesetzt werden muß. Aus späteren Zeiten besitzen die großen europäischen Bibliotheken eine große Anzahl solcher kartographischen Monumente, die jetzt zum größten Teil in trefflichen Repro-

duktionen in Form von Sammelwerken [1]) zugänglich gemacht sind. Der bedeutendste bekannte Kartenzeichner Italiens war Pietro Visconte aus Genua (um 1318). Die italienischen Seekarten stellten natürlich nur die Gebiete dar, welche der italienischen Schiffahrt zugänglich waren, also das Mediterrangebiet und die atlantische Front Europas: ihre Küstenzeichnung war aber für diese Gegenden eine derart richtige, daß sie erst im 17. Jahrhundert aus dem Besitz der europäischen Seeleute zu verdrängen waren.

Außer den mediterranen Seekarten sind uns aus dem Mittelalter noch eine größere Anzahl von Zeichnungen [2]) überliefert, die als Weltbilder wohl interessant, für die Kartenkunde aber fast belanglos sind. Wertvoll sind nur die späteren Weltkarten, die, wie die Weltkarte des Fra Mauro (1457), die Kenntnisse der Seeleute benutzten und die italienische Seekarte zur Landkarte umgestalteten.

§ 5. Veränderungen an den Plattkarten und an der Kegelprojektion des Ptolemäus in der Zeit der Renaissance.

Dem Mittelalter war das Werk des Ptolemäus unverständlich geworden und zuletzt verloren gegangen. Erst der wissenschaftliche Eifer der Gelehrten der Renaissance machte das Abendland wieder mit der in ihm niedergelegten Summe der wissenschaftlich-kartographischen Kenntnisse des Altertums bekannt, und es begann nun eine Zeit fast unumschränkter Herrschaft des ptolemäischen Beispiels und der ptolemäischen Lehre, die in überaus zahlreichen Ausgaben der „Geographie" verbreitet und allgemein bekannt wurde. Aber mit der Freude

[1]) J. B. Jomards Monuments de la Géographie, K. Kretschmers „Festschrift zur Feier der Entdeckung Amerikas, hrsg. durch die Berliner Gesellschaft für Erdkunde", und als bestes die Fischer-Ongania-Sammlung mittelalterlicher Seekarten.

[2]) Eine Sammlung solcher Weltbilder gibt die überaus wertvolle Veröffentlichung von Konr. Miller: Mappae Mundi, Stuttgart 1894—97.

an den Werken der Alten erwachte auch die Kritik ihres Inhalts. Die Tatsache, daß die sogenannten Ptolemäuskarten in der überlieferten Gestalt den Lehren des ptolemäischen Textes widersprachen, regte das Interesse an der Verbesserung der Theorie der Kartenzeichnung an. Der erste, der an dieser überlieferten Form zu rütteln und für die Neuausgaben eine andere Projektionsart vorzuschlagen wagte, war ein Benediktiner-Mönch aus dem Kloster Reichenbach bei Regensburg, Dominus Nicolaus, fälschlich Donis genannt.

Das Netz seiner pseudozylindrischen oder trapezförmigen Projektion besteht auch aus geradlinigen Meridianen und Parallelen, wie bei der Plattkarte, doch ist nicht nur der mittlere Parallelkreis nach dem richtigen Verhältnis geteilt, sondern es geschieht dies für die äußersten Parallelkreise der Karte. Soll also das Blatt von der Breite φ bis zu jener φ' reichen, so werden die Längengrade auf dem untersten Parallelkreis $= 1 \cos \varphi$, auf dem obersten $= 1 \cos \varphi'$ gemacht (S. 11), wenn 1 die Größe der Meridiangrade bedeutet. Ist $\varphi' > \varphi$, so werden die Längengrade des obersten Parallelkreises kleiner als jene des untersten. Verbindet man nun die gleichnamigen Teilpunkte durch gerade Linien, so erhält man die Meridiane, welche auf den Parallelkreisen geneigt stehen: das einzelne Gradfeld und das ganze Netz bekommt also das Aussehen eines Trapezes. Diese unvollkommene Darstellungsart fand wenig Anklang, da sie in ihren geradlinigen Parallelkreisen die sphärische Gestalt der Erde zu wenig zur Geltung kommen ließ; daher wandten sich Marcus Beneventanus und Johannes Cotta, als es sich um eine Neuauflage des Ptolemäus handelte (Rom 1507), wieder der kegelförmigen Projektion zu. Anstatt aber den Kegel um die Kugel zu umschreiben, wählten sie den eindringenden Kegel, indem sie den

Scheitel desselben beim Pol A anlegten und die Leitlinie am Äquator BC annahmen (Fig. 26). Bei der Abwicklung einer solchen Kegelfläche handelt es sich um die Bestimmung des Winkels α. Dazu hat man die gewöhnliche Proportion:

$$bc : 2\,ab\,\pi = \alpha : 360\,.$$

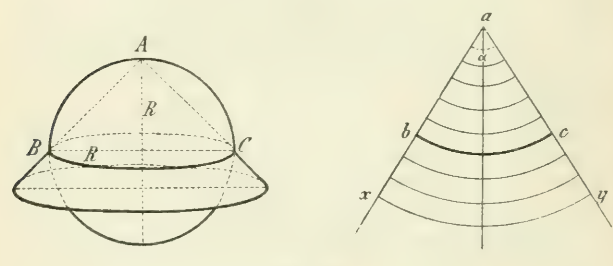


Fig. 26.

In diesem Falle ist aber $ab = AB = \sqrt{2\,R^2} = R\sqrt{2}$. Soll nun etwa bc einen Bogen von 90^0 in der Länge umfassen, so ist, weil hier der Äquator in natürlicher Größe wiederzugeben ist, $bc = \frac{R\pi}{2}$, daher:

$$\frac{1}{2} R\pi : 2\,R\sqrt{2}\,\pi = \alpha : 360\,; \quad \text{somit} \quad \alpha = \frac{90^0}{\sqrt{2}}\,.$$

Man wird also mit dem Halbmesser $R\sqrt{2}$ den Bogen bc beschreiben und den Mittelmeridian ziehen; vom Scheitel des Sektors legt man an beide Seiten des Mittelmeridians den Winkel $\frac{\alpha}{2}$ an.

Die Abwicklung bc des Äquatorstückes ist, da letzteres in natürlicher Größe wiedergegeben ist, in gleiche Teile zu teilen, welche die Längengrade vorstellen. Der Pol der Erde

befindet sich im Mittelpunkte a des Sektors b a c. Die Meridiangrade werden untereinander gleich gemacht und von a als Mittelpunkt durch die Teilpunkte konzentrische Bögen gezogen, welche die Parallelkreise darstellen. Verlängert man a b und a c nach a x und a y, so können auch die südlichen Breitengrade von b und c gegen x und y aufgetragen werden. So gestattet also diese Darstellungsweise eine Ausdehnung der Zeichnung auch auf südliche Breiten. Die einzige Welttafel nach dieser Projektion zeichnete Johann Ruysch für die zweite Auflage der Ptolemäus-Ausgabe von 1507 (Rom 1508). Die südliche Hemisphäre erstreckte sich darauf bis zum 38. Grad südlicher Breite.

Um die Wende des 15. und 16. Jahrhunderts wuchs der geographische Horizont durch die Neuentdeckungen. Das Bestreben der Kartenzeichner, auch diesen größeren Erdkreis auf einem Blatte darzustellen, führte zu den verschiedensten Projektionsversuchen. Eine Abänderung und Erweiterung der zweiten ptolemäischen Kegelprojektion (S. 33) stellt die Weltkarte des Bernardus Sylvanus in der venezianischen Ptolemäusausgabe von 1511 dar. Er wollte auf einem Blatte nicht nur die alte bekannte Welt und die Entdeckungen im Westen, sondern auch den Seeweg nach Indien um das Vorgebirge der Guten Hoffnung und den fernsten Osten darstellen. Ferner sollten die arktischen Länder veranschaulicht werden. Dazu nahm sich zwar Sylvanus die genannte ptolemäische Projektion zum Muster; anstatt aber die Teilung der Parallelkreisgrade im richtigen Verhältnis zu den Meridiangraden nur für vier Breiten auszuführen, tat er dies für zwölf Breiten. Sein Verfahren war hierbei folgendes: Er nahm eine gerade Linie als Mittelmeridian an und teilte sie in gleiche Teile, welche die Breitengrade darstellten. Auf 100° vom Äquator (anstatt der 181° 8′ des Ptolemäus) setzte er den Mittelpunkt der Parallelkreise und beschrieb von dort aus

konzentrische Bögen, welche durch die Teilpunkte des Mittelmeridians liefen. Nun machte er die Grade am Äquator gleich den Meridiangraden und teilte drei südliche Parallelkreise und acht nördliche nach ihrem wahren Verhältnis ein. Die Verbindung der gleichen Teilungspunkte ergab krumme Linien, welche die Projektionen der Meridiane darstellten. Die Karte erhielt so die Gestalt eines Herzens, dem die untere Spitze fehlt.

Diese von Sylvanus im Jahre 1511 zuerst benutzte Darstellungsweise war schon vor ihm von dem Wiener Professor der Mathematik Johann Stab († 1522) theoretisch begründet worden. Dieser ist der Erfinder der eigentlichen herzförmigen Projektion, deren Grundzüge konzentrische, gleichweit abstehende Parallelkreise mit dem Nordpol als Mittelpunkt und Meridiankurven sind, welche durch die Teilpunkte der im richtigen Verhältnis geteilten Parallelkreise vom Nordpol zu dem in gleicher Entfernung vom Äquator angesetzten Südpol führen. So entsteht in der Tat eine Figur, welche oben eingeschnitten, nach unten spitz zulaufend, genau die Form eines Herzens zeigt (Fig. 27).

Dieser Entwurf von Stab wurde im Jahre 1514 von dem Nürnberger Johannes Werner in seinem „Traktat über vier Projektionen" von neuem aufgenommen. Werner schlug drei Modifikationen der zweiten ptolemäischen Kegelprojektion vor, welche sämtlich, teils für Darstellungen einer Hemisphäre, teils für ganze Erdbilder, herzförmige Bilder ergeben. Auch Orontius Finäus, ein französischer Mathematiker, zeichnete 1536 eine solche Herzkarte der ganzen Erde.

Der deutsche Geograph Peter Bienewitz, genannt Petrus Apianus (1495—1552), gab im Jahre 1524 eine Kosmographie heraus, in welcher zwei neue Projektionsmethoden vorgeschlagen werden, von denen die eine, welche

die ganze Erdoberfläche in einen einzigen Rahmen faßt, von den bedeutendsten Geographen des 16. Jahrhunderts, ja noch im siebzehnten vielfach benützt wurde. Beide Darstellungsweisen haben das Gemeinsame, daß der mittlere Meridian und der Äquator durch zwei sich rechtwinklig schneidende gerade Linien dargestellt werden. In der einen ist der mittlere Meridian in 18 Teile zu je 10° geteilt, und durch die Teilpunkte sind gerade Linien als Breitenkreise gelegt. Der Äquator ist in 36 Teile zu 10° geteilt, die aber gegen die Breitengrade um ein Drittel verkürzt sind, um die

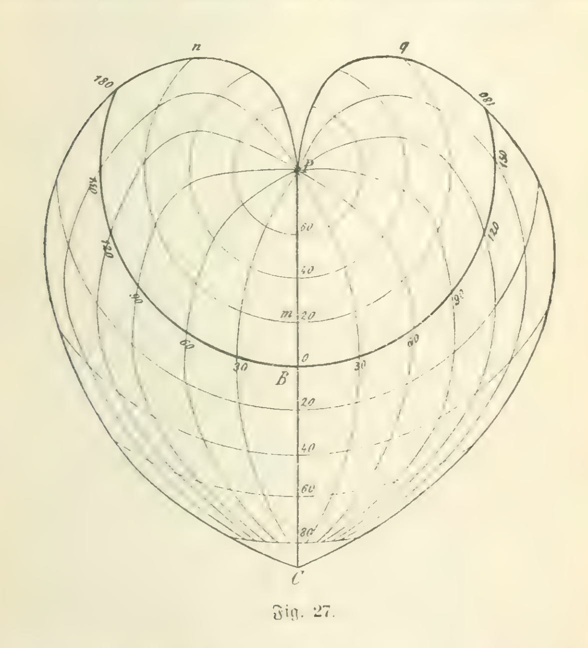


Fig. 27.

Figur nicht zu sehr auszudehnen; durch diese Teilpunkte und die Pole sind Kreisbögen als Meridiane gezogen.

Die andere Projektion des Apianus stellt die Erdoberfläche in zwei Kreisen dar. Der mittlere Meridian und der Äquator (Fig. 28) sind wieder durch zwei rechtwinklig sich schneidende Gerade dargestellt und beide in gleiche Teile geteilt. Durch die Teilpunkte der Meridiane laufen gerade Linien als Breitenkreise, durch die Teilpunkte des Äquators und die Pole sind Kreise gezogen, welche die Meridiane vorstellen.

Heinrich Loritz, gen. Glareanus (1488 bis 1563) modifizierte die Apiansche Projektion, indem er im Kreise ABCD (Fig. 29), welcher die Halbkugel vorstellt, den Äquator zwar ebenfalls in gleiche Teile teilte und durch diese Teilpunkte und die Pole die Meridiane als Kreisbögen legte; aber er teilte nicht, wie Apian, den mittleren geradlinigen Meridian, sondern den Kreisumfang ABCD in gleiche Teile und legte durch die entsprechenden Teilpunkte die Breitenkreise als gerade Linien an, so daß

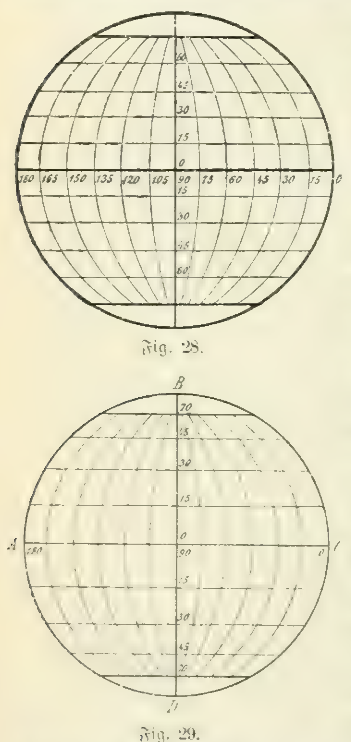


Fig. 28.

Fig. 29.

sich also vom Äquator zum Pol der Abstand der Breitenlinien verringerte. Eine weitere Abänderung dieser Glareanischen Projektion entstand in der Weise, daß man den mittleren Meridian und den Kreisumfang in gleiche Teile teilte und durch die entsprechenden Teilpunkte Kreisbögen als Breitenkreise legte. Dieser in Figur 30 dargestellte Entwurf bringt die Kugelgestalt der Erde sehr deutlich zur Geltung, und man nennt deshalb diese Projektion die Globularprojektion. Später bezeichnete man als Globularprojektionen alle jene Abbildungsmethoden, bei welchen man durch Anwendung krummliniger Meridiane und Parallelkreise oder durch andere besondere Verfahren bestrebt war, das Erdbild derart zu entwerfen, daß das Auge durch bloßes Ansehen des Blattes den Eindruck der Erdrundung empfange.

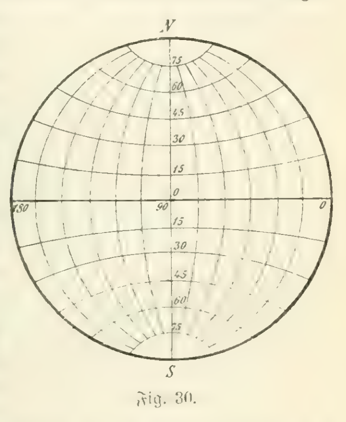


Fig. 30.

Demnach bezeichnet man auch folgenden von Orontius Finäus (1531) erdachten und später auch von Mercator benutzten Entwurf als Globularprojektion. Aus den Eckpunkten eines gleichseitigen Dreiecks ABC (Fig. 31) als Mittelpunkten beschrieb er die drei Kreisbögen AC, AB und BC und betrachtete A als den Pol, BC als einen Quadranten des Äquators; somit waren AB und AC zwei Meridianquadranten im Abstande von 90° in der Länge. Nun zog er die Gerade AD, welche den Pol mit dem Halbierungspunkt des Äquatorquadranten verband; diese Gerade

bildete den Mittelmeridian der Karte, der in gleiche Teile eingeteilt wurde. Durch die Teilungspunkte führte Finäus konzentriſche Kreisbögen mit dem gemeinſchaftlichen Mittelpunkte in A und erhielt ſo die Breitenkreiſe. Schließlich teilte er den Äquatorbogen BC und den ihm konzentriſchen Parallelkreisbogen von 45° Breite in gleiche Teile und legte durch dieſe Teilpunkte und durch den Pol Kreisbögen, welche die Meridiane darſtellten. Um aber eine ganze Hemiſphäre abbilden zu können, erweiterte Finäus ſpäter ſeine Konſtruktion, indem er zunächſt den Äquator und alle Breitenkreiſe nach beiden Seiten verlängerte. Indem er jetzt den Abſtand DA in Zirkelöffnung nahm und die eine Zirkelſpitze in D anſetzte, beſchrieb er die Bogen AE und AF und erhielt die Meridiane, welche um 90° vom Mittelmeridian der Karte abſtanden. Nun ſetzte er den Zirkel in B und C ein und beſchrieb mit gleichem Halbmeſſer die Kreisbögen AG und AH; endlich von E und F aus die Bögen AJ und AK, welche um 180° vom Mittelmeridian abſtanden. In der Folge hatte man bei Beibehaltung der gleichen Halbmeſſer die eine Zirkelſpitze auf den Unterabteilungen des Äquators einzuſetzen und mit der Beſchreibung der Kreisbögen, wie bisher angegeben, fortzufahren, um das ganze Netz der Meridiankreiſe darzuſtellen. *Auf zwei ſolchen Netzen der doppelherzförmigen Projektion* ſtellte Finäus und nach ihm Mercator die ganze Erde dar.

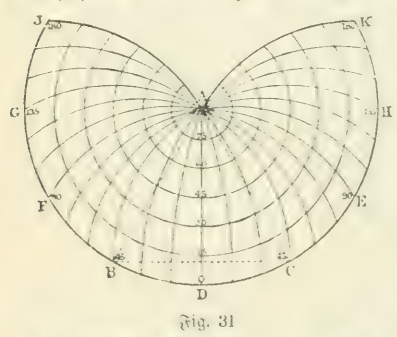


Fig. 31

Drittes Kapitel.

Die Reformation der Kartographie.

§ 6. Mercator, der Reformator der Kartographie.

Gerhard Kremer, genannt Mercator, wurde am 5. März 1512 zu Rupelmonde geboren. Einer unbemittelten Familie entstammend, widmete er sich schon früh auf der Universität Löwen, wo er zu den Schülern des berühmten Arztes und Mathematikers Gemma Frisius gehörte, der Beschäftigung mit praktisch-mechanischen Arbeiten und erwarb sich durch Anfertigung von astronomischen Instrumenten, Erdgloben und Karten einen großen Ruf. Durch den Ausbruch der religiösen Wirren in den Niederlanden aus der Heimat vertrieben, wandte er sich im Jahre 1552 nach dem rheinischen Duisburg. Hier ist er hochangesehen, nach einem langen, arbeitsamen, einem umfassenden Studium und reger Produktion gewidmeten Leben am 2. Dezember 1594 gestorben. Von Geburt ein Belgier, gehört er in der Zeit seines regsten Schaffens der deutschen Nation an.

Von seinen Karten, die jetzt zum größten Teil wieder aufgefunden sind, gehören der belgischen Zeit außer den Globenüberzügen, die er 1541 für den Kanzler Karls V., Granvella, zeichnete, eine verlorene Karte von Palästina (1537), die in Doppelherzform gezeichnete Weltkarte (1538) und die große Karte von Flandern (1540) an. Es sind Jugendarbeiten, meist verbesserte Kopien der Arbeiten anderer Kartenzeichner seiner Zeit, für die Weltkarte der Zeichnung des Finäus, für die Karte von Flandern, einer Karte des Genter Pieter van Bake von 1538. Auf die Höhe originellen Schaffens führte ihn erst die Ruhe und sichere Muße seines Aufenthalts in deutschen Landen. Schon im Jahre 1552 erschien in Duisburg die große

Karte von Europa, und im Jahre 1569 folgte dieser die Weltkarte, an die sich Mercators Weltruhm bis auf unsere Tage knüpft. Im Jahre 1564 stach er eine ihm von einem, dem Namen nach noch unbekannten, englischen Freunde zugesandte Karte der Britischen Inseln. Eine andere um diese Zeit gezeichnete Karte des Herzogtums Lothringen, die einzige Karte Mercators, die auf eigener topographischer Aufnahme des Terrains beruht, ist leider nie veröffentlicht worden und daher wohl als verloren anzusehen.

Der große Wert aller dieser Karten Mercators beruht darauf, daß der Zeichner in ihnen sowohl seine kritische Schärfe als auch seine große mathematische Begabung bewährte. Er ist es, der in die moderne Kartographie den ptolemäischen Grundsatz zurückführt, daß jede Art der Erdzeichnung der Grundlage einer Projektion bedürfe, und daß die Methode der Übertragung auszuwählen sei mit Rücksicht auf den Umfang und die Lage des darzustellenden Teiles der Erdoberfläche und den Zweck, dem die Karte dienen solle.

Zwei anderen großen Werken seines Greisenalters verdankt Mercator seine weltgeschichtliche Bedeutung. Im Rahmen der Geschichte des Weltbildes ist er der Mann, der die alte Zeit abschließt, die neue heraufführt. Seine Zeit lag noch im Banne der Überschätzung des ptolemäischen formalen Vorbildes. Mercator hat durch seinen im Jahre 1578 erschienenen Kodex der 27 Karten des Ptolemäus dem alten Meister endgültig die Stellung angewiesen, die dieser seither behauptet hat, den Rang einer Sammlung anerkennenswerter literarischer Denkmale aus dem Altertum. Und an die Stelle des alten Meisters trat er, als ein neuer Ptolemäus. Alles was seine Zeit geschaffen hatte, die ganze rege Kartenproduktion des humanistischen Zeitalters, verarbeitete er zu einem Grundkodex der neuen

Kartographie, seinem „Atlas“. Im Jahre 1585 erschien die erste Lieferung seiner Sammlung neuer Karten zur modernen Geographie, deren Abschluß er nicht mehr erleben sollte. Aber noch heute besitzt jeder Atlas in Namen und Methode ein Erbe des Geistes der ersten auf genauem Abwägen alter und neuer kartographischer Elemente gegründeten Kartensammlung des „Koryphäen unter allen Erdbeschreibern“.

§ 7. Die Mercator- oder winkeltreue Zylinderprojektion.

Wir sahen früher, daß ein Schiff, welches von einem Orte zum anderen in der Loxodrome (S. 61) segelt, eine Kurve beschreibt, die alle Meridiane im gleichen Winkel schneidet. Will man erreichen, daß die loxodromische Kurslinie des Schiffes auf der Karte als gerade Linie erscheine, was eben für die Zwecke der Seefahrt einzig praktisch ist, so muß man eine Karte haben, auf welcher die Meridiane parallel zueinander laufen, und welche die Winkel der Kugel in ihrer natürlichen Größe wiedergibt. Man hatte im fünfzehnten Jahrhundert die Plattkarte für die Navigation gewählt, allein ihr kommt die Eigenschaft der Winkelerhaltung nicht zu. Dies beachteten die Seeleute zunächst nicht, nahmen aber mit der Zeit wahr, daß der von der Karte abgenommene Kurs nicht genau zum beabsichtigten Ankunftspunkt führte. Die besten Mathematiker bemühten sich vergebens, diesen Fehler der Plattkarten ausfindig zu machen, erst Mercator löste das Rätsel. Er erkannte, daß der Fehler in der Konstruktion des Gradnetzes liege.

Stellt etwa a b c d (Fig. 32) auf der quadratischen Plattkarte die Abbildung eines sehr kleinen Flächenstücks ABCD des Globus dar, das zwischen zwei sehr naheliegenden Meridianen und Parallelkreisen z. B. mit je 1′ Längen- bzw.

Breitenunterschied liegt, und bedeutet m die wahre Länge des zwischen den beiden Meridianen AB und CD liegenden Äquatorbogens, so ist demnach auf der Plattkarte

$$a d = a b = b c = c d = m = \frac{2 R \pi}{360 \cdot 60}.$$

Hat etwa der Parallelkreisbogen AD die Breite φ, so ist er auf der Plattkarte durch $a d = m$ dargestellt, während ihm auf dem Globus nur die Länge $m \cos\varphi$ zukommt. Macht man nun $a d_0 = m \cos\varphi$, so stellt $\sphericalangle\, a b d_0$ die wahre Größe des betreffenden Winkels auf dem Globus dar, während dieser Winkel auf der Plattkarte durch $\sphericalangle\, a b d$ dargestellt ist. Soll nun die Karte winkeltreu sein, soll aber doch auf derselben der Parallelkreisbogen AD die Länge m des entsprechenden Äquatorbogens beibehalten, so muß demnach auf der Karte die Abbildung von D in den Schnittpunkt d_1 der verlängerten Linie $b d_0$ und $c d$ fallen. Aus den ähnlichen Dreiecken $a_1 b d_1$ und $a b d_0$ folgt nun:

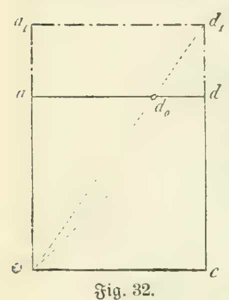


Fig. 32.

$$a_1 b : a b = a_1 d_1 : a d_0 = m : m \cos\varphi = 1 : \cos\varphi, \quad \text{d. h.}$$

$$a_1 b = \frac{a b}{\cos\varphi} = a b \cdot \sec\varphi = m \sec\varphi.$$

Soll also eine Karte mit geradlinigen und aufeinander senkrecht stehenden Meridianen und Parallelkreisen, wobei die Parallelkreisgrade in allen Breiten von derselben Größe, nämlich gleich einem Äquatorgrad sind, winkeltreu sein, so muß die Länge der Meridiangrade in den verschiedenen Breiten um die Sekans dieser Breite vergrößert werden.

Hierin besteht das von Mercator entdeckte und in der Weltkarte [1]) von 1569 zuerst befolgte Prinzip, und Karten, welche nach diesem Vorbild konstruiert sind, nennt man Mercator-Karten.

Die gegenseitige Entfernung je zweier aufeinander folgender Parallelkreise in den Breiten 1′ bzw. 2′, 3′ 4′ ... wird demnach $= m \sec 1'$, bzw. $m \sec 2'$, $m \sec 3'$, $m \sec 4'$ ... sein, d. h. der Abstand zweier solcher Parallelkreise wächst proportional der Sekans der geographischen Breite. Der Abstand x des Parallelkreises in der Breite φ' vom Äquator ist somit dargestellt durch:

$$= m(\sec 1' + \sec 2' + \sec 3' + \sec 4' + \ldots + \sec \varphi').$$

Nach der höheren Analysis ist aber:

$$\sec 1' + \sec 2' + \sec 3' + \sec 4' + \ldots + \sec \varphi' = \frac{180 \cdot 60}{\pi} \cdot \overset{\text{nat.}}{\log} \operatorname{tg}\left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right);$$

somit wird der Äquatorialabstand des Parallelkreises in der Breite φ', wenn m die Länge einer Äquatorbogenminute bedeutet, dargestellt durch:

$$x = m \cdot \frac{180 \cdot 60}{\pi} \cdot \overset{\text{nat.}}{\log} \operatorname{tg}\left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right) = R \cdot \overset{\text{nat.}}{\log} \operatorname{tg}\left(45^0 + \frac{\varphi}{2}\right).$$

Auf Grund dieser Formel ist nachstehende Tafel berechnet, aus welcher sich die Entfernungen der verschiedenen Parallelkreise vom Äquator, in Äquatorminuten ausgedrückt, entnehmen lassen. Man nennt diese Werte auch Meridionalteile oder vergrößerte Breiten.

---

[1]) Drei Karten von Gerhard Mercator. Europa — Britische Inseln — Weltkarte. Faksimilelichtdruck nach den Originalen der Stadtbibliothek zu Breslau. Herausgegeben von der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. 41 Tafeln 68 : 47 cm.

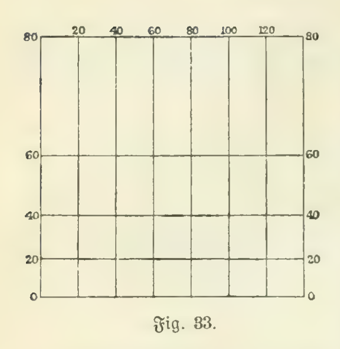


Fig. 33.

Figur 33 zeigt die nach Norden zunehmende Vergrößerung der Breitengrade: aus den Quadraten der Äquatorialgebiete werden immer höhere Rechtecke auf der gleichen Grundlinie. Da für $\varphi = 90^0 \operatorname{tg}(45^0 + 45^0) = \infty$ ist, so kann man auf der Mercator-Karte die Pole nicht darstellen.

Mit Hilfe der Tafel auf S. 81 kann man das Netz einer Mercatorkarte leicht entwerfen, indem man durch Abziehen von zwei aufeinanderfolgenden Werten die in Minuten der Längenteilung ausgedrückte Größe der bezüglichen Breitengrade erhält. Soll z. B. das Gradnetz zu einem Blatte entworfen werden, welches sich von 20°—30° in der Länge östlich von Greenwich und 40°—50° in der Breite gegen Norden ausdehnt, so wird am untersten Rande des Blattes eine Gerade gezogen und in zehn gleiche Teile geteilt, welche den Längengraden von 20°—30° Ost entsprechen. In diesen Teilpunkten errichtet man die Meridiane und teilt sofort mindestens einen der Längengrade in 60 Teile, um Minuten ablesen zu können. Nun entnimmt man der voranstehenden Tabelle die den gegebenen Breitengraden entsprechenden Meridionalteile und bildet nacheinander die Differenzen:

Breite	Meridionalteile der Tafel entnommen	Differenz
40	2622,7	
		78,9
41	2701,6	
		80,1
42	2781,7	
		81,4
43	2863,1	
		82,7
44	2945,8	

Geogr. Breite	Meridionalteile	Geogr. Breite	Meridionalteile	Geogr. Breite	Meridionalteile
1°	60,0	28°	1751,2	55°	3968,0
2	120,0	29	1819,4	56	4073,9
3	180,1	30	1888,4	57	4182,6
4	240,2	31	1958,0	58	4294,3
5	300,4	32	2028,4	59	4409,2
6	360,7	33	2099,5	60	4527,3
7	421,1	34	2171,5	61	4649,2
8	481,6	35	2244,3	62	4775,0
9	542,2	36	2318,0	63	4904,9
10	603,1	37	2392,6	64	5039,4
11	664,1	38	2468,3	65	5178,8
12	725,3	39	2544,9	66	5323,5
13	786,8	40	2622,7	67	5474,0
14	848,5	41	2701,6	68	5630,8
15	910,5	42	2781,7	69	5794,6
16	972,7	43	2863,1	70	5965,9
17	1035,3	44	2945,8	71	6145,7
18	1098,2	45	3029,9	72	6334,8
19	1161,5	46	3115,6	73	6534,4
20	1225,1	47	3202,7	74	6745,8
21	1289,2	48	3291,5	75	6970,3
22	1353,7	49	3382,1	76	7210,1
23	1418,6	50	3474,5	77	7467,2
24	1484,1	51	3568,8	78	7744,6
25	1550,0	52	3665,2	79	8045,7
26	1616,5	53	3763,8	80	8375,2
27	1683,5	54	3864,6	90	∞

Die am untersten Rand des Blattes bereits ausgezogene Gerade stellt den Parallelkreis von 40° vor. Nun werden 78,9 Längenminuten (= 1° 18,9′) auf den Meridian vom Parallelkreis von 40° aus aufgetragen; wo die Zirkelspitze den Meridian trifft, dort wird man den 41. Breitengrad haben. Vom 41. Grad aus trägt man weitere 80,1 Längenminuten auf, so wird man den 42. Grad erhalten usw.

Die Mercatorkarte in der Projektion der wachsenden Breiten (Carte réduite, Carta esférica) findet ihre Anwendung zunächst in der loxodromischen Schiffahrt. Sie gestattet auf die einfachste Weise, den Kurs zu bestimmen, der von einem Punkt der Erdoberfläche zum anderen führt, und die abzusegelnde Distanz abzumessen. Um den Kurs zu bestimmen, verbindet man auf der Karte den Abfahrtspunkt mit dem Bestimmungspunkt durch eine gerade Linie, welche die abzusegelnde Loxodrome darstellt. Auf der Seekarte sind nun mehrere Windrosen gezeichnet, und man braucht nur durch den Mittelpunkt der zunächst liegenden Windrose eine zu der bereits gezogenen parallele Gerade anzulegen. Der Windstrich, mit welchem diese Gerade zusammenfällt, ist der gesuchte Kurs, den der Seemann nach seinem Kompaß zu steuern hat.

In ähnlicher Weise lassen sich nun alle Aufgaben der gemeinen Schifferrechnung auf der Mercatorkarte graphisch lösen. Um die Distanz zweier Punkte zu messen, nimmt man ihre Entfernung nach der Karte in den Zirkel, trägt sie von der Mittelbreite beider Punkte an der wachsenden Breitenskala halb nach oben, halb nach unten auf und liest die Anzahl der zwischen die Zirkelspitzen fallenden Bogenminuten dieser Skala ab. Die Anzahl Bogenminuten gibt die Anzahl Seemeilen, von denen 60 auf einen Grad gehen. Ist aber der Breitenunterschied der gegebenen Punkte zu groß, so teilt man die zu messende Entfernung auf der Karte in eine angemessene Anzahl von Teilen und mißt jeden Teil für sich in der eben angegebenen Weise.

Während der Fahrt bestimmt der Seemann so oft als möglich und angemessen seine geographische Position, um zu sehen, ob ihn nicht Strömungen, schlechtes Steuern u. dgl. von der zu verfolgenden Linie abgetrieben haben, und um nötigenfalls den Kurs für die Weiterfahrt berichtigen zu

können. Die durch astronomische Beobachtungen gefundenen geographischen Breiten und Längen, sowie der Kurs des Schiffes werden in die Karte eingetragen, also fortwährend registriert. Bei bedecktem Himmel können natürlich keine astronomischen Ortsbestimmungen angestellt werden. Dann wird die angenäherte geographische Position des Schiffes ermittelt, indem man den zurückgelegten Weg als das Produkt der Fahrtdauer und der durch die Logrechnung ermittelten Fahrtgeschwindigkeit mit dem am Kompaß abgelesenen Azimut in der Karte aufträgt.

Um den Punkt, an welchem das Schiff angekommen ist, auf der Karte zu verzeichnen, zieht man durch den Abfahrtsort auf der Karte eine Gerade, welche mit den Meridianen den bestimmten Kurs einschließt, und trägt längs dieser Geraden die nach der geschätzten Mittelbreite von der Meridianskala abgenommene Distanz in der Richtung der Kurslinie auf; dann ist der Endpunkt dieser aufgetragenen Strecke der Ankunftsort.

Obwohl also die Mercatorkarte den Seeleuten alles bot, was sie brauchten, so wurde sie in der Schiffahrt doch nicht so rasch eingeführt, als man glauben sollte, ja, die allgemeine Verwendung der Seekartenprojektion und der Breitenminute als Seemeile ist eigentlich erst eine Errungenschaft des internationalen 19. Jahrhunderts. Allerdings lag dies an dem Mangel genügend genauer Methoden und Instrumente der astronomischen Ortsbestimmung. Auch als Landkartenprojektion hat sich die Mercatorprojektion erst in unserem Jahrhundert eingebürgert, dann aber derart, daß man wohl behaupten kann, das uns geläufige Weltbild ist das der Mercatorkarte. Sie wird verwendet, wenn man eine Übersichtskarte mit geradlinigen Parallelen entwerfen muß, zum Zwecke der Vergleichung von Objekten unter gleichen Breiten, wobei zugleich mehr Wert auf die

Ähnlichkeit der Länderumrisse im Detail gelegt wird, als auf Flächentreue. Die Gefahr dieses Gebrauches für unsere Vorstellungen von den Erdräumen liegt in der häufigen Nichtbeachtung der Tatsache, daß diese Darstellungsweise die den Polen näheren Gebiete beträchtlich vergrößert.

§ 8. Weitere von Mercator erdachte oder verbesserte Projektionen.

Die Begründung der im obigen geschilderten Projektion der wachsenden Breiten ist nicht die einzige Leistung Mercators für die Theorie der Kartenzeichnung. Sowohl für die Karte von Europa von 1554 wie für die Weltkarte des Ptolemäus bediente sich Mercator einer für Weltkarten allerdings schon vor ihm (Bernardus Sylvanus S. 69) benutzten Umänderung der Kegelprojektion. Er wickelte die das abzubildende Land im Mittelparallel berührende Kegelfläche ab, machte die Meridiangrade untereinander gleich und zeichnete die Parallelkreise als konzentrische Bögen, ganz wie es auf S. 32f. angegeben ist. Anstatt nun aber, wie Ptolemäus, nur den Mittelparallelkreis oder eine bestimmte Anzahl von Parallelkreisen nach dem wahren Verhältnis einzuteilen, tat er dies für alle Parallelkreise und erhielt die Meridiane durch Verbindung der gleichwertigen Teilpunkte. Soll ein solches Netz die Breiten φ bis χ umfassen, so ist nach der Formel S. 33 der jedem Breitengrade entsprechende Zentriwinkel λ:

für den Parallelkreis			φ	$\lambda = \sin\varphi$,
„	„	„	$(\varphi + 1)^0$	$\lambda_1 = \sin(\varphi + 1)^0$,
„	„	„	$(\varphi + 2)^0$	$\lambda_2 = \sin(\varphi + 2)^0$,
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
„	„	„	$(\varphi + \chi)^0$	$\lambda\chi = \sin(\varphi + \chi)^0$.

Man nennt diese Projektion auch die Bonnesche, weil sie von dem französischen Kartographen Rigobert Bonne

(1727—1794) wieder benutzt wurde; in Frankreich bezeichnet man sie auch als die projection du Dépôt de la Guerre, weil sie von einer Kommission im Jahre 1803 für die topographische Karte Frankreichs bestimmt wurde. Die Bonnesche Projektion (Fig. 34) liefert, namentlich in den Ecken der Karte, bedeutende Winkelverzerrungen, dagegen gibt sie, wie später gezeigt wird (S. 91), eine flächentreue Abbildung und wurde bisher sehr viel angewandt, obwohl

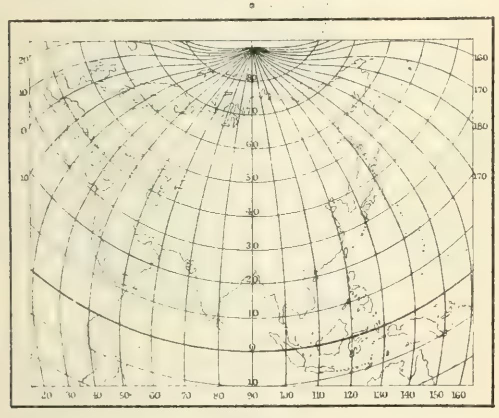


Fig. 34.

sie keineswegs den nach dem heutigen Stande der Wissenschaft zu stellenden Forderungen genügt. Die meisten Karten unserer Atlanten, z. B. des Stielerschen Atlas, sind noch nach dieser Projektion gezeichnet.

Unmittelbar aus dieser läßt sich die sogenannte Projektion von Nikolas Sanson (1600—1667) ableiten, die indes auch bereits Mercator für die Karte von Südamerika in der ersten holländischen Hondiusausgabe seines

Atlas anwandte. Anstatt nämlich die Parallelkreise als Kreisbögen anzunehmen, sind sie in derselben gerade Linien, und diese Entwurfsart kann daher auch als modifizierte Zylinderprojektion gelten. Ihre Konstruktion ist folgende:

Der Mittelmeridian der Karte wird als gerade Linie NS, Figur 35, angelegt und in die unter sich gleichen Breitengrade eingeteilt; durch die Teilpunkte des Meridians zieht man Senkrechte auf denselben, welche die Breitenparallelen

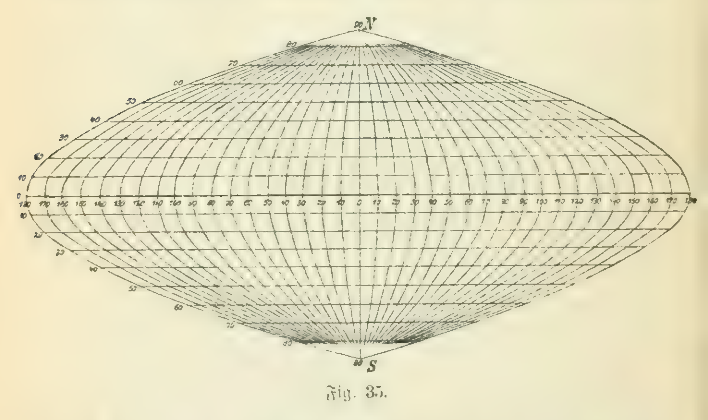


Fig. 35.

darstellen. Auf jedem Parallelkreis wird nun vom mittleren Meridian der Karte aus die wirkliche Länge der Parallelgrade aufgetragen, worauf die entsprechenden Teilpunkte durch Kurven verbunden werden. Ist also l die Länge eines Meridiangrades, so wird auf dem Parallelkreis zu Breite φ jeder Grad $= l \cos \varphi$ gemacht.

Diese Projektion eignet sich vorzüglich für Gebiete, die sich in der Richtung eines Meridians bei geringer Ost-West-Ausdehnung erstrecken, oder für Gebiete, die bei geringer Nord-Süd-Erstreckung sich dem Äquator anschmiegen. Da

sie sehr leicht zu konstruieren ist und da eine Berechnung der Gradnetzkoordinaten dabei überhaupt nicht nötig ist (die Längen der Parallelkreise können aus vielen Tafelwerken entnommen werden), so findet man diese Projektion sehr oft angewendet, selbst da, wo sie eigentlich nicht angewendet werden sollte, so sind die meisten älteren Übersichten und Spezialkarten von Afrika darin entworfen. Figur 35 zeigt das nach dieser Projektion entworfene Netz der ganzen Erde. Diese Projektion wird fälschlich auch nach John Flamsteed (1646—1719), der sie 1700 für die Zeichnung von Himmelskarten benutzte und sie so nur wieder in Aufnahme brachte, benannt.

Eine weitere Modifikation der Kegelprojektion, die uns Mercator auf seinen Atlaskarten von Deutschland und Frankreich (1585) hinterließ, trägt jetzt den Namen der Projektion von Del'Isle, nach dem französischen Geographen Jos. Nic. Del'Isle (1688—1768), der nach ihr im Jahre 1745 eine Karte von Rußland herausgab.

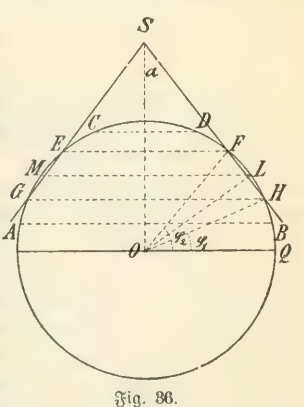


Fig. 36.

Sind AB und CD (Fig. 36) die äußersten Parallelkreise des abzubildenden Landes, so denke man sich eine Kegelfläche durch die zwei Parallelkreise EF und GH gelegt, die gleichweit vom Mittelparallel und den beiden äußersten Parallelkreisen der Karte entfernt sind. Wickelt man diese Kegelfläche ab, so werden die Meridiane als Gerade, die Parallelkreise als konzentrische Kreisbögen mit dem Mittelpunkt in S und die Projektionen von EF und GH

in natürlicher Größe dargestellt. Bei dieser Abwicklung handelt es sich zunächst um die Bestimmung von SH und SF.

Halbiert man den Bogen FH, so ist:

$$\sphericalangle QOL = \tfrac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2)$$

und, weil

$$OL \perp SH, \quad OQ \perp OS, \quad \lambda = QOL = \tfrac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2).$$

Ferner ergibt sich aus $\triangle$ SOF, wenn der Kugelradius = R ist:

$$OF : SF = \sin\lambda : \sin(90^0 - \varphi_2), \quad \text{oder}$$

$$SF = r_2 = \frac{R\cos\varphi_2}{\sin\frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2)}.$$

Aus $\triangle$ SOH folgt

$$OH : SH = \sin\lambda : \sin(90^0 - \varphi_1),$$

d. h.
$$SH = r_1 = \frac{R\cos\varphi_1}{\sin\frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2)}.$$

Bei der Konstruktion des Gradnetzes berechnet man also die Radien r_1 und r_2 für die zwei Parallelkreise EF und GH und beschreibt vom Punkte c aus (Fig. 10) mit den ersteren die Kreisbögen pq und rs, welche vom Mittel- und von den Randparallelkreisen gleichweit abstehen. Dann halbiert man mn, trägt ma = na = nx = my = $\frac{1}{2}$ mn auf und teilt yx in so viel Teile ein, als die Karte Breitengrade umfassen soll. Trägt man endlich auf pq und rs vom Mittelmeridian aus die wahren Längen der Parallelkreisgrade auf, so hat man nur mehr die gleichwertigen Teilpunkte durch Gerade zu verbinden, um die Meridiane zu erhalten. Diese Projektion eignet sich für den Entwurf der Bilder kleinerer Erdgebiete mittlerer Breiten; in unseren Schulatlanten sind nach ihm die Karten der Staaten Europas gezeichnet.

Endlich hat Mercator noch die sogenannte äquidistante Projektion erdacht. Weil sich nämlich auf seiner großen Seekarte von 1569 die Polarländer nicht darstellen ließen, gab er auf einer Nebenkarte eine Abbildung derselben in folgender Weise: Um den Pol N als Mittelpunkt (Fig. 37) zog er die Breitenkreise in gleichen Abständen als Kreise aus, so daß die Breitengrade untereinander gleich wurden. Die Meridiane legte er als gerade, durch den Pol laufende

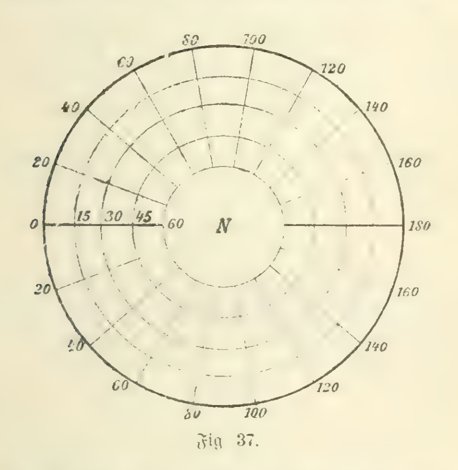


Fig 37.

Linien an, die sich unter gleichen Winkeln wie auf der Kugel schneiden. Die Italiener nennen diese Projektion polarglobular, die Franzosen die Projektion von Wilhelm Postel (1505—1581), da dieser französische Geograph dieselbe 1581 für die Darstellung der nördlichen Halbkugel verwandte. Allein bei größeren Länderabbildungen entsteht in größerer Entfernung vom Mittelpunkte der Karte eine zu große Verzerrung: Mercator sah dies ein und dehnte

daher seine Karte nur auf einen Abstand von 20° vom Pol aus. In Andrees Handatlas sind die Nordpolargebiete, in Debes' Handatlas ist Asien in dieser Projektion entworfen.

Viertes Kapitel.

Die neueren Projektionen.

§ 9. Äquivalente oder flächentreue Projektionen.

Auf S. 17 f. der Einleitung sahen wir, daß der Bogen AB der Erdkugel bei der Abbildung auf dem künstlichen Globus im Verhältnis $\frac{r}{R}$ verkleinert wird. Bezeichnen wir den Bogen ab des Globus mit a, den Bogen AB der Erdkugel mit A, so ist:

$$a = \frac{r}{R} A .$$

Bilden wir mit dem sehr kleinen Bogen A ein Quadrat, so wird der Flächeninhalt desselben A^2 und der Flächeninhalt seiner Projektion a^2 sein. Es ist aber:

$$a^2 = \frac{r^2}{R^2} A^2 .$$

Für ein anderes Quadrat, dessen Seite auf der Erdkugel B in der Projektion b ist, wird man erhalten:

$$b^2 = \frac{r^2}{R^2} B^2 , \quad \text{somit:} \quad a^2 : b^2 = A^2 : B^2 .$$

Auf dem künstlichen Globus verhalten sich somit die Flächenteile wie die Urbilder auf der Erdkugel, sie ändern das gegenseitige Größenverhältnis nicht. Gelingt es bei einer Abbildungs-

methode, in einem ebenen Bilde diese Eigenschaft beizubehalten, so erhält man eine flächentreue oder äquivalente Abbildung.

Denkt man sich die Fläche F, deren Projektion f ist, in Quadratnetze zerlegt, deren kleine Quadratseiten A_1, A_2, A_3, ... bzw. in der Projektion a_1, a_2, a_3, ... sind, so bestehen dem Gesagten zufolge in den äquivalenten Abbildungen die Verhältnisse:

$$a_1^2 : a_2^2 : a_3^2 : \ldots = A_1^2 : A_2^2 : A_3^2 : \ldots,$$

folglich

$$(a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 \ldots) : (A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \ldots) = a_1^2 : A_1^2$$

oder

$$f : F = a_1^2 : A_1^2 .$$

Macht man $f = F$, so ist auch $a_1^2 = A_1^2$. Bildet man also eine sphärische Figur derart ab, daß der Flächeninhalt in seiner wahren Größe wiedergegeben wird, so sind auch die kleinen Flächenteile der Projektion gleich den entsprechenden Flächenteilen der sphärischen Figur. Ist demnach F der Flächeninhalt auf dem künstlichen Globus, f jener in der Projektion, und macht man $f = F$, so wird auch für irgend ein Quadrat, dessen Seite in der Projektion a ist, $a^2 = A^2$ sein. Berechnet man daher den Flächeninhalt f eines Landes aus einer äquivalenten Abbildung, so wird man den wirklichen Flächeninhalt F aus

$$F = \frac{R^2 f}{r^2}$$

erhalten. Solche Projektionen sind in der Praxis dann wichtig, wenn es sich um die Bestimmung des Flächeninhalts der Länder handelt, insbesondere sollten sie bei Karten der Erde und der Kontinente stets

angewendet werden. (Ausgenommen sind dabei natürlich die Fälle, wo zu speziellen Zwecken andere Projektionen nötig sind.)

Von den bisher beschriebenen Projektionen ist außer der Sanson-Flamsteedschen Projektion jene von Bonne (S. 84 f.) und die herzförmige von Stab-Werner (S. 70) äquivalent. Um dies einzusehen, berücksichtige man, daß ein sehr schmaler Kugelstreifen, welcher zwischen zwei Parallelkreisen mit den Peripherien a und b liegt, als Kegelrumpfmantel angesehen werden kann, dessen Mantelfläche gleich dem Produkte aus $\frac{a+b}{2}$ und dem Abstande dieser Parallelkreise ist. In den erwähnten Projektionen erscheinen diese Strecken in wahrer Größe; es wird daher ein solcher Streifen auf der Karte ebenfalls in wahrer Größe abgebildet. Dies gilt für alle unendlich schmalen Kugelstreifen, und da man jede sphärische Figur in der Richtung der Parallelkreise in unendlich schmale Streifen zerlegen kann, deren Projektionen gleich ihren Originalen sind, so wird ein jeder Teil der Kugelfläche auf dem Blatte in wahrer Größe abgebildet, womit die Flächentreue bewiesen ist.

Der Wert der flächentreuen Abbildungen und der Begriff der Äquivalenz wurde erst durch den elsässischen Mathematiker Johann Heinrich Lambert (1728—1777) erkannt und geschätzt. Bis auf Lambert hatte niemand eine analytische Untersuchung der Gesetze der Kartenprojektionen geliefert; er war der erste, der dies tat und sich vorzüglich mit der Eigenschaft der Äquivalenz beschäftigte. Lambert erdachte u. a. die flächentreue Zylinderprojektion, auch isozylindrische Projektion genannt.

Man denkt sich bei derselben die Kugel von einem senkrechten Kreiszylinder umhüllt, welcher sie längs des Äquators berührt (Fig. 38). Anstatt nun Sehstrahlen von einer be-

stimmten Lage des Augpunktes auszuführen, denkt man sich die Meridianebenen verlängert; diese treffen die Zylinderfläche in parallelen, gleichweit abstehenden Geraden. Verlängert man in gleicher Weise die Parallelkreisebenen, so werden letztere die Zylinderfläche in Kreisen schneiden, welche mit dem Äquator parallel und gleich sind. Denkt man sich nun die Zylinderfläche in eine Ebene abgewickelt, so entsteht ein Netz von senkrecht

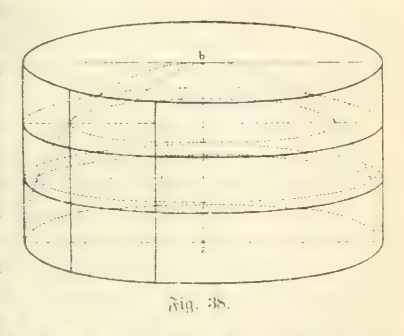


Fig. 38.

aufeinanderstehenden Geraden (Fig. 39), bei welchem die Meridiane gleiche Entfernungen besitzen, während die Distanz der Parallelkreise mit dem Sinus der Breite um so mehr abnimmt, je näher die letzteren dem Pol liegen. Es entsteht also ein Netz, welches dem der Mercatorkarte durch die Breitenverminderung der Gradfelder in den polaren Teilen entgegengesetzt ist und wie dieses sich auch nur für die Darstellung dem Äquator benachbarter Zonen empfiehlt.

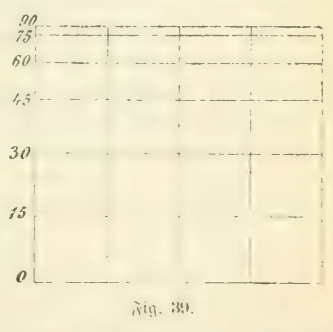


Fig. 39.

Daß diese so einfache Projektion äquivalent ist, geht aus folgendem hervor: Die Höhe a b des umschriebenen Zylinders in Figur 38 vom Äquator bis zum Pol ist gleich dem Halb-

messer seiner Basis, beziehungsweise gleich dem Halbmesser der Kugel, daher seine Mantelfläche $= 2\,R^2\pi$. Aber auch die Fläche der Halbkugel ist $= 2\,R^2\pi$, daher ist der Flächeninhalt der abgewickelten Zylinderfläche gleich dem Flächeninhalt der Halbkugel und somit auch derjenige der kleinen Flächenteile gleich denen der Halbkugelteile, d. h. die Projektion ist flächentreu.

Eine weitere überaus wichtige Erfindung Lamberts war die flächentreue Azimutalprojektion. Sie ist vielleicht die wichtigste flächentreue Projektion. Bei derselben berührt die Bildebene die Mitte des darzustellenden Teils der Kugeloberfläche, und man verlangt, daß alle Punkte, die sich auf der Kugel in gleicher Entfernung von dem Berührungspunkte befinden, auch in der Abbildung auf einem Kreise um die Kartenmitte liegen sollen, und daß jeder Punkt vom Berührungspunkte aus auf Kugel und Karte in derselben Richtung, d. h. in demselben Azimute (siehe S. 9), verbleibe. Soll die Azimutalprojektion auch flächentreu sein, so müssen die zum Berührungspunkte konzentrischen Zonen auf der Kugel mit ihren als Kreisringe erscheinenden Projektionen auf der Karte gleichen Inhalt haben. Ist in Figur 40 ACB die abzubildende Kalotte, so muß der Kreis AB auf dem Blatte wieder als Kreis erscheinen, und es handelt sich um die Bestimmung des Halbmessers CB' des letzteren. Die Fläche der Kalotte ACB ist $= 2\,R\pi h$, jene des Kreises vom Halbmesser $CB' = CB'^2\pi$, und es soll sein:

$$2\,R\pi h = CB'^2\pi \quad \text{oder} \quad CB'^2 = 2\,R h\,.$$

Ist $\sphericalangle\, COB = \alpha$, so hat man aus $\triangle\, CFB$ (rechtwinklig bei B):

$$CB = 2\,R \sin\frac{\alpha}{2}$$

Aus $CB'^2 = 2Rh$ folgt aber, daß CB' die mittlere geometrische Proportionale zwischen $2R$ und h sein soll, welche Eigenschaft der Linie CB zukommt, also:

$$CB' = CB = 2R \sin \frac{\alpha}{2} \cdot$$

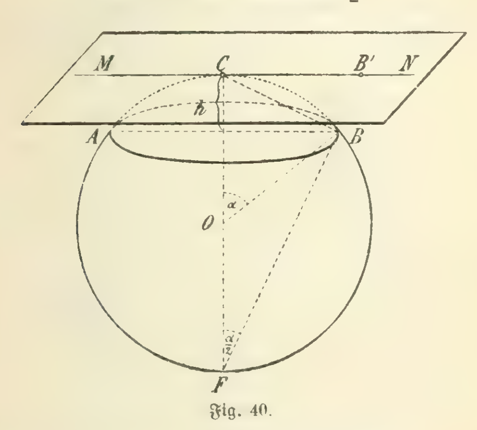


Fig. 40.

Nach dieser Formel werden die Abstände der Punkte vom Mittelpunkt der Karte berechnet. Diese Abstände genügen aber zum Auftragen der Punkte noch nicht, man muß noch die Richtungen in bezug auf die Hauptachse, auf die Nordsüdlinie, die Azimute, kennen. Da man die Azimute in wirklicher Größe erhalten will, so sind diese auf dem Blatte einfach nach ihrem wahren Betrag aufzutragen. Ist in Figur 41 P der Pol, C der Punkt, welchen die Bildebene berührt, M ein Punkt, der zu projizieren ist, PCP′ der Meridian von C, endlich CM der durch C und M ziehende Bogen eines Vertikalkreises, so ist $\sphericalangle$ PCM das Azimut (ω) von CM in bezug auf PCP′ ($CM = \sphericalangle \alpha$).

Gewöhnlich sind aber Länge (λ) und Breite (φ) der aufzutragenden Punkte gegeben, und man muß demnach α und ω durch λ und φ ausdrücken. Für die Berechnung von CM aus dem sphärischen Dreieck PCM hat man, wenn φ_1 und λ_1 die Breite bzw. Länge von C bedeuten:

$$\cos\alpha = \cos(90^0 - \varphi_1)\cos(90^0 - \varphi) + \sin(90^0 - \varphi_1)\sin(90^0 - \varphi)\cos\Delta\lambda\ ^{1)},$$

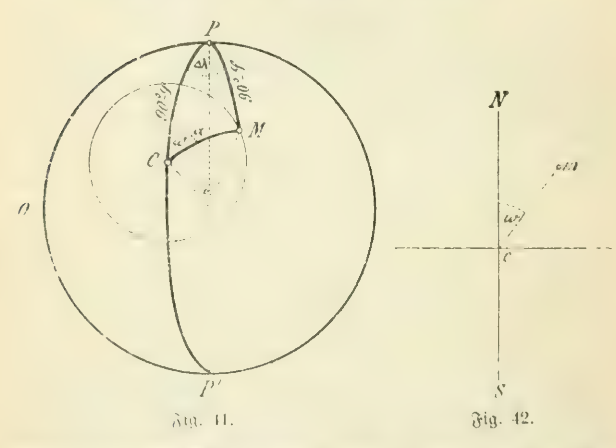


Fig. 41. Fig. 42.

wobei $\Delta\lambda = \sphericalangle CPM = \lambda - \lambda_1$ ist, und für die Berechnung von ω:

$$\sin\omega : \sin\Delta\lambda = \sin(90^0 - \varphi) : \sin\alpha$$

$$\sin\omega = \frac{\cos\varphi \sin\Delta\lambda}{\sin\alpha}.$$

Um also den Punkt M auf der Karte darzustellen, wird man durch den Mittelpunkt c des Blattes (Fig. 42) den

[1]) Ist POP' der Null-Meridian, so hat man: OPP' = λ_1, OPM = λ und CPM = OPM − OPC = $\lambda - \lambda_1$ = $\Delta\lambda$.

Mittelmeridian NS legen, das Azimut ω an den Meridian in c anlegen und $cm = 2\,R \sin\frac{\alpha}{2}$ machen. c entspricht dem Berührungspunkte C (Fig. 41), NS dem Meridiane PCP′.

Die Konstruktion der azimutalen Polarprojektion, für die also die Bildebene die Erdkugel an einem der Pole berührt, ist demnach sehr einfach (Fig. 43). Wie bei der

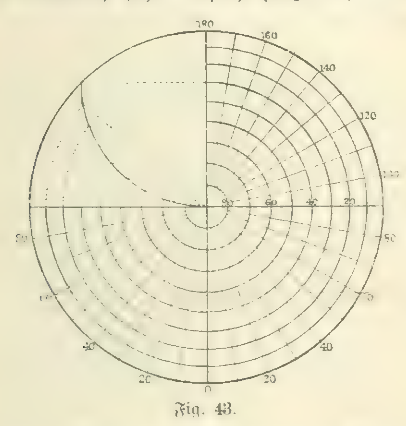


Fig. 43.

stereographischen Polarprojektion werden die Meridiane durch gerade Linien dargestellt, die sich im Pol unter ihren wahren Winkeln schneiden. Für jeden Punkt eines Parallelkreises zur Breite φ ist dann in Figur 40 $\alpha = 90^0 - \varphi$; also ist der Halbmesser des zugehörigen Bildkreises:

$$CB' = CB = 2\,R \sin\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right).$$

Etwas schwieriger gestaltet sich die Zeichnung eines Entwurfes in azimutaler Äquatorial- oder Meri-

dionalprojektion, also für die Fälle, daß das Zentrum auf dem Äquator oder in einem beliebigen anderen Punkte angenommen ist. Die größeren Lehrbücher der Projektionslehre enthalten Tabellen für die Konstruktion dieser Netzentwürfe.

Die flächentreue Azimutalprojektion eignet sich für die Darstellung ganzer Kontinente besser als die in den jetzt gebräuchlichen Atlanten gewöhnlich hierfür angewandten von

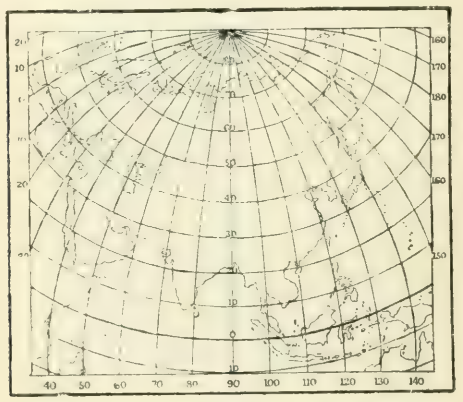


Fig. 44.

Bonne und Flamsteed; sie wurde neuerdings von dem Obersten *De Coatpont* für Planigloben wie auch insbesondere zur Darstellung von Asien angelegentlich empfohlen. Figur 44 zeigt ein Netz in flächentreuer Azimutalprojektion auf der Mittelbreite von 45°, in welches, gleichwie in das Netz von Bonne (Fig. 34), die Länderumrisse von Asien und Europa eingezeichnet sind. Die Form Europas bei dieser Entwurfsart läßt die Vorzüge der Lambertschen Projektion vor der Bonneschen deutlich erkennen. In H. Fischers Schul-

atlas (Leipzig, 1907) sind aus didaktischen Gründen sogar sämtliche Erdteile in dieser Projektion entworfen.

Ein der Sanson-Flamsteedschen Darstellungsart sehr ähnlicher Entwurf, der sich auch zur Darstellung der ganzen Erde eignet, ist die von C. B. Mollweide (1774—1825) erdachte, später von Jacques Babinet (1794—1872) unter dem Namen der homalographischen Projektion wieder empfohlene Projektionsmethode. Nach ihr wird (Fig. 45) der Mittelmeridian als gerade Linie in wahrer

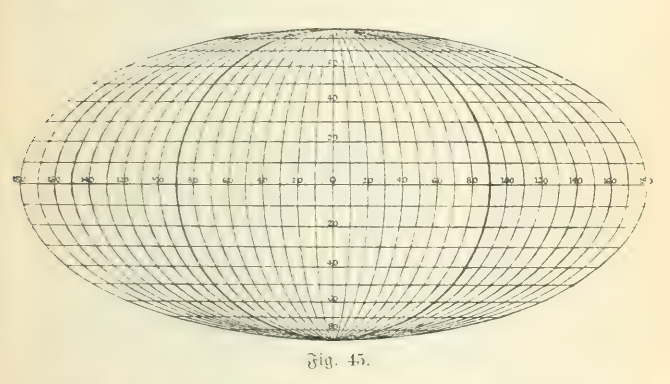


Fig. 45.

Länge, ebenso auch die Parallelkreise als auf ihm senkrechte gerade Linien in wahrer Länge abgebildet, und die Abbildung soll flächentreu sein. Um aber ein der Erdgestalt ähnliches Netz als das Sansonsche zu erhalten, werden die Meridiane als Ellipsen mit dem Bild des Mittelmeridians als gemeinsamer Achse dargestellt. Für die Konstruktion dieses Netzes ergibt sich also, daß die Meridiane als Ellipsen durch die Pole und die Teilpunkte des in gleiche Teile geteilten Äquators gelegt werden müssen, daß aber die gleichmäßige Einteilung des Mittelmeridians aufgegeben werden

muß. Vielmehr rücken die Parallelen polwärts immer näher zusammen, jedoch nicht so stark, daß die Deutlichkeit des Bildes darunter leidet. Die Werte, welche den vom Äquator von 5 zu 5 Grad fortschreitenden Breiten entsprechen[1]), sind von Bourdin berechnet worden. In Berghaus' physikal. Atlas hat dieser Entwurf vielfach Anwendung gefunden.

Aus der flächentreuen azimutalen Projektion hat Hammer 1892 die flächentreue Planisphäre abgeleitet. Ein vorhandenes Gradnetz einer in ersterem Entwurfe gezeichneten Erdhalbkugel wird im Äquator um 60° gedreht und durch Perpendikel in die Ebene projiziert. Es entsteht dann ein ellipsenförmiges Netz, das zur Einzeichnung der ganzen Erde zu gebrauchen ist. Die Karte der Erdbebengebiete in Andrees Handatlas ist in dieser Projektion entworfen.

§ 10. Neuere Modifikationen der Zylinder- und Kegelprojektionen.

Als es sich im vorigen Jahrhundert um die Konstruktion der neuen Karte von Frankreich handelte, verwandte C.-Fr. Cassini de Thury (1714—1784) eine neue Projektion, die seinen Namen trägt, aber auch als Cassini-Soldnersche Projektion bezeichnet wird, weil sie später Soldner für den topographischen Atlas des Königreichs Bayern angewandt hat. Diese Projektion liegt auch den Generalstabskarten von Württemberg und Baden zugrunde.

Bei derselben denkt man sich durch einen Zentralpunkt ein rechtwinkliges Koordinatensystem gelegt und bestimmt alle anderen Punkte durch ihre Abstände von diesen Achsen. Als

---

[1]) Ist für die Darstellung der Halbkugel der Radius des Projektionskreises $\varrho = R\sqrt{2}$ als Einheit angenommen, so betragen diese Werte X:

φ =	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
X =	0,069,	0,137,	0,205,	0,272,	0,339,	0,404,	0,468,	0,531,	0,592
φ =	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
X =	0,651,	0,708,	0,762,	0,814,	0,862,	0,906,	0,945,	0,978,	1

Zentralpunkt wählte Cassini die Pariser Sternwarte; eine Achse des Systems war der durch diesen Punkt gelegte Meridian, die andere stand senkrecht darauf. Nun bestimmte Cassini den von jedem anderen Punkte auf den Pariser Meridian gefällten senkrechten größten Kreisbogen und den Abstand des Fußpunktes dieses Bogens vom Zentralpunkt. Diese beiden Abstände trug er direkt auf das Blatt als geradlinige Koordinaten auf. Die geographischen Längen und Breiten ließ Cassini ganz unbeachtet; auch versah er sein Blatt nicht mit dem Gradnetze. Ein solches läßt sich aber nachträglich anlegen, wenn man die im gleichen Meridian oder im gleichen Parallelkreis gelegenen Punkte durch Kurven verbindet. Soldner erwarb sich um diese Projektion besondere Verdienste, indem er Tabellen berechnete und veröffentlichte, durch welche man obige Koordinaten in geographische verwandeln kann. Diese Projektion gehört zu den zylindrischen, indem man dasselbe Bildungsgesetz erhält, wenn man den Zylinder so anlegt, daß er den Meridian des Zentralpunktes berührt, und noch die Bedingung stellt, daß alle Punkte, welche auf der Erdoberfläche im gleichen Bogenabstande vom Mittelmeridian liegen, auch in der Karte denselben Abstand von ihm haben. Die Cassinikarte ist eigentlich nur eine transversal angewendete Abart der quadratischen Plattkarte.

Das Militär-Geographische Institut in Italien bedient sich eines ähnlichen Verfahrens für die Konstruktion seiner topographischen Blätter. Jedes Blatt entspricht einem sphärischen Viereck auf dem Globus, dessen eine Seite einem Meridianbogen von 20′, dessen andere dem Bogen eines Parallelkreises von 30′ entspricht. Der Mittelmeridian und der mittlere Parallelkreis eines jeden Blattes sind durch zwei aufeinander senkrechte Gerade dargestellt, die in ihrer verhältnismäßig wahren Länge dargestellt sind. Auf das

so entstehende Achsensystem sind die Punkte der Karte nach ihren Abständen aufgetragen. Diese Projektion nennt man in Italien „projezione naturale“ (natürliche Projektion).

Auf dem gleichen Prinzipe beruht die sogenannte preußische Polyederprojektion, nach welcher die Generalstabskarte von Preußen und des Deutschen Reiches (1:100 000) und die neue Spezialkarte der österreichisch-ungarischen Monarchie (1:75 000) entworfen sind. Die Seiten der Vierecke bzw. Trapeze, der Gradabteilungen, betragen hier 30′ in der Länge und 15′ in der Breite. Die Trapeze werden hierbei so klein, daß man sie als ebene Trapeze ansehen kann. Die Punkte auf der schwach gewölbten Kugelfläche kann man sich auf die durch die vier Eckpunkte gelegte Vierecksebene durch kurze Lote übertragen denken. Soll ein großes Land, das aus sehr vielen solchen Trapezen zusammengesetzt ist, dargestellt werden, so erhält man eigentlich eine Projektion auf das Polyeder (S. 61), welches von den durch sämtliche Netzschnittpunkte gelegten Ebenen begrenzt ist, woher auch der Name dieser Projektion rührt.

Bei diesen Methoden verzichtet man eigentlich auf das genaue Aneinanderpassen der Blätter, und man kann in der Tat nicht das ganze Land als ebene Abbildung aus den Sektionen zusammensetzen. Wo es sich dagegen nur um eine beschränkte Zahl von Nachbarsektionen handelt, sind die Abweichungen der Begrenzungslinien der Blätter so gering, daß sie von den zufälligen Unregelmäßigkeiten in der Zusammenziehung des Papiers beim Druck weit übertroffen werden. Immerhin können noch Gebiete von der Größe einer deutschen Provinz daraus zusammengesetzt werden.

Die Küstenvermessungskommission der Vereinigten Staaten Nordamerikas (Coast Survey) benützt für ihre Karten die sogenannte polykonische Projektion, eine

Abänderung der gewöhnlichen Kegelprojektionen. Denkt man sich nämlich das darzustellende Land durch Parallelkreise in schmale Zonen geteilt und jede derselben auf diejenige Kegelfläche abgebildet, die sie im Mittelparallel berührt, so erhält man eine Abbildung auf ein System von Kegelrumpfen, deren Spitzen die Kugelachse in verschiedenen Punkten treffen. Schneidet man alle längs derselben Kante auf und wickelt sie ab, so erhält man die Gesamtkarte, wenn man diese

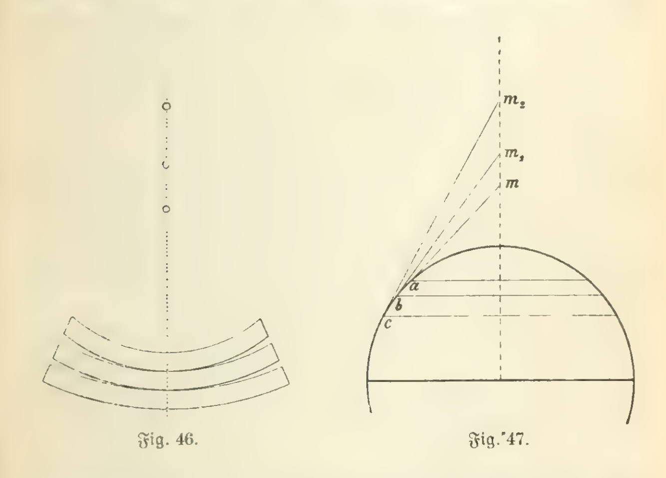


Fig. 46. Fig. 47.

Mantelstücke so übereinanderlegt, daß die Basis des einen die obere Fläche des nächsten berührt. Diese Berührung kann jedoch nicht an allen Punkten stattfinden, — wenn man sie im Mittelmeridian herstellt, werden die Enden voneinander abstehen (Fig. 46) — und man erhält keine zusammenhängende Abbildung des Kugelgebiets. Macht man aber die Streifen sehr schmal, so wird die Abweichung an den Enden kaum merklich. Um also das Netz zu konstruieren, geht man

wie folgt vor. Man legt den Mittelmeridian als gerade Linie an und teilt diese in gleiche Teile ein, welche die Breitengrade der Karte ergeben. Anstatt nun aber wie bei der gewöhnlichen Kegelprojektion nur den Halbmesser des mittleren Breitenkreises zu bestimmen, muß man für jeden einzelnen Parallelkreis einen neuen Halbmesser suchen. In Figur 47 wird man also, wenn die Parallelstreifen a, b, c darzustellen sind, die Halbmesser am, bm_1, cm_2 berechnen (S. 32) und mit denselben die Bögen auf der Karte beschreiben. Nun wird jeder einzelne Parallelkreisbogen seiner wahren Größe entsprechend lang gemacht, wie in der Bonneschen Projektion. Die Verbindung der gleichwertigen Teilpunkte gibt die Meridiane, welche krummlinig ausfallen.

Bei der polykonischen Projektion können die Meridiane und die Parallelkreise nicht aufeinander senkrecht stehen. Die Verzerrung, welche bei der gewöhnlichen Kegelprojektion die äußeren Parallelkreise trifft, fällt hier auf die von der Mitte entfernteren Meridiane. Deshalb ist die polykonische Projektion höchstens dann der Kegelprojektion vorzuziehen, wenn es sich um die Kartierung eines schmalen Küstensaumes oder um Länder wie Chile handelt, welche eine starke Ausdehnung von Norden nach Süden und eine geringe Ostwest-Erstreckung haben. Die Projektion ist weder flächentreu noch winkeltreu noch azimutal, jedoch im Mittelmeridian und auf den Parallelen längentreu. Merkwürdig, daß die Amerikaner deswegen gerade diese Projektion so bevorzugen. Ist sie doch neuerdings sogar zur Darstellung von ganz Nordamerika verwendet worden (Carte Géol. de l'Amérique du Nord. 1 : 5000000. 1906. Von Gannett & Willis).

Selbst der Umstand, daß die Koordinaten dieser Projektion ein für allemal berechnet und benutzbar sind[1]), kann

[1]) Projection Tables for the use in the United States Navy etc. Washington 1869.

ihre Anwendung nicht rechtfertigen, denn ihre Konstruktion erfordert ziemlich viel Koordinatenpunkte, sie ist also nicht einmal bequem zu entwerfen.

In der Generalstabsabteilung des englischen Kriegsministeriums (Topographical Department, War Office) benützt man die sogenannte orthogonale polykonische Projektion, die sich von der vorangehenden dadurch unterscheidet, daß bei der letzteren die Meridiane und die Parallelkreise sich rechtwinklig schneiden. Die Parallelkreise werden, wie oben angegeben ist, gezeichnet; um aber die Rechtwinkligkeit der Meridian- und Parallelkreise zu erhalten, wird auf das richtige Größenverhältnis der Parallelgrade verzichtet. Nur am Äquator sind die Grade richtig aufgetragen und durch die Teilpunkte Kurven gelegt, die alle Parallelkreise senkrecht schneiden.

Es gibt aber auch flächentreue und winkeltreue Projektionen auf den Kegelmantel. Insbesondere verdient hier die Alberssche flächentreue Kegelprojektion mit zwei längentreuen Parallelen hervorgehoben zu werden. Sie ist seit über hundert Jahren bekannt, wird jedoch jetzt erst ihrer großen Vorzüge wegen benutzt. Der von den Meridianen am Kegelpol eingeschlossene Winkel wird bei ihr durch die Wahl der zwei längentreu abzubildenden Parallelen beeinflußt. Daraus ergibt sich dann das Verhältnis, nach dem die übrigen Parallelen zu verschieben sind, um die eingeschlossenen Zonen flächentreu abzubilden. Die Übersichtskarte von Mitteleuropa 1:750000 des Militärisch-Geographischen Instituts in Wien ist in dieser Projektion entworfen. Vor Albers hatte Lambert eine flächentreue Kegelprojektion mit längentreuem Mittelparallel aufgestellt, die aber, wie es scheint, fast gar nicht angewendet worden ist. Von ihm rührt auch die winkeltreue, später auch von Gauß behandelte Kegelprojektion her, die auf russischen

Karten geradezu dominiert. In Debes' Handatlas sind verschiedene Blätter in dieser Projektion entworfen.

§ 11. Stern- und blattförmige Karten.

Die sogenannten sternförmigen Karten bilden eine Abart der Kegelprojektion und verfolgen den Zweck, letztere bei der Darstellung der ganzen Welt auf einem einzigen Bilde zu verwenden. Sie wurden in unserem Jahrhundert durch G. Jäger für eine das nördliche Polargebiet als tiergeographisches Zentrum darstellende Zeichnung in Anregung gebracht.

Jäger entwarf die nördliche Hemisphäre nach der gewöhnlichen äquidistanten Kegelprojektion und teilte dann den Äquator in acht ungleiche Teile, und zwar in einen Bogen von 55°, in drei von 50°, in einen von 45°, in einen von 40° und in zwei zu je 35°. Die Meridiane sind in derselben als gerade Linien dargestellt, die sich im Mittelpunkt der Karte als dem Nordpol begegnen. Die Parallelkreise sind aber nicht durch die Bögen der konzentrischen Kreise dargestellt, sondern durch die bezüglichen Sehnen zu den Bögen von 55°, 50°, 45° usw., zu den Bögen nämlich, in welche der Äquator geteilt wurde. Das ganze Bild enthält bei diesem ersten Entwurfe das Aussehen eines unregelmäßigen Achteckes. Mit einem Halbmesser, welcher dem Durchmesser des dem Äquator umschriebenen Kreises gleich ist, beschreibt dann Jäger vom Pol als Mittelpunkt einen zweiten Kreis. Auf letzteren verlegt er die Spitzen von acht gleichschenkligen Dreiecken, die über den acht Sehnen zu beschreiben sind, welche den Äquator darstellen. In jedem dieser Dreiecke werden schließlich die Parallelkreise in gleichen Abständen als gerade, zur Basis parallele Linien ausgezogen.

Der berühmte Geograph August Petermann hat diese Abbildungsmethode Jägers vereinfacht, indem er die nörd-

liche Hemisphäre ganz nach dem Prinzip der äquidistanten Projektion entwarf und den Äquator in acht gleiche Teile teilte (Fig. 48). Die Spitzen der nunmehr anzulegenden gleichschenkligen Dreiecke werden in gleicher Weise wie früher

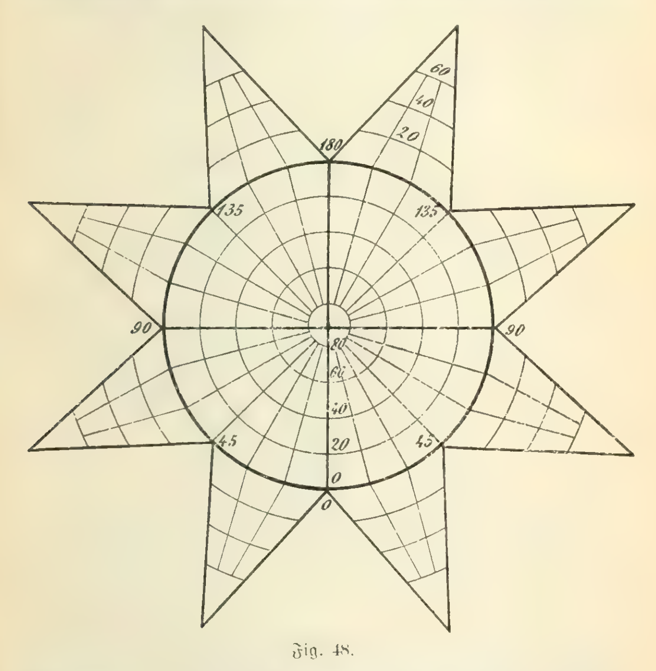


Fig. 48.

bestimmt, da aber der Äquator als vollständiger Kreis erscheint, ist hier von eigentlichen Dreiecken keine Rede, sondern es werden die Grundlinien der letzteren durch die bezüglichen Bögen des Äquators ersetzt. Das Ganze erscheint wie ein regelmäßiger Stern: daher die Bezeichnung sternförmige

Karte. In den Strahlen des Sternes sind die Parallelkreise vom Nordpol aus als konzentrische, gleich weit voneinander abstehende Bögen dargestellt; die Meridiane erhält man in den Sternstrahlen, indem man die Teilpunkte des Äquators mit den Spitzen der Strahlen durch gerade Linien verbindet.

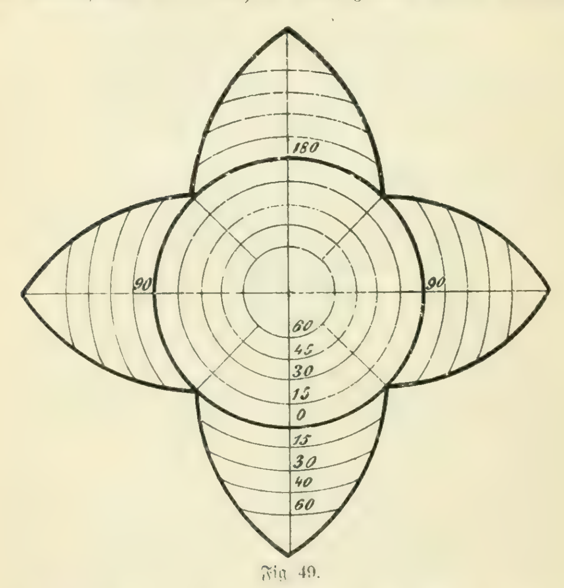


Fig. 49.

Weitere Abarten der Jägerschen Projektion entstanden durch verschiedene Einteilung des Äquators. Von ihnen soll hier außer der fünfstrahligen von H. Berghaus, der Devise des Stielerschen Atlas, nur noch derjenigen von A. Steinhauser Erwähnung geschehen (Fig. 49).

Die nördliche Hemisphäre wird nach der äquidistanten Projektion (S. 89) gezeichnet und auf vier um 90° von-

einander entfernten und verlängerten Meridianen die gleiche Breitenteilung für die südliche Hemisphäre aufgetragen. Durch die Teilpunkte sind kreisbogenförmige Parallelkreise mit dem Mittelpunkt im Nordpole der Projektion geführt. Auf diesen Parallelkreisen trägt man die Längengrade in gleicher Größe wie auf der nördlichen Hemisphäre auf und verbindet die gleichen Teilungspunkte durch Kurven, welche die Meridiane darstellen.

Im allgemeinen dürften die sternförmigen Karten auf Titelbilder und Vignetten beschränkt bleiben.

Zweiter Teil.

Topographie.

Fünftes Kapitel.

Einteilung der Karten.

§ 12. Name und allgemeine Einteilung der Karten.

Die Griechen bezeichneten ihre Erdkarten mit dem Worte *πίναξ*, die Römer mit dem Worte orbis pictus, nach welchem die ältere deutsche Bezeichnung „Landtafel“ gebildet ist. Das lateinische „charta“ bedeutet ursprünglich „Urkunde, Brief, Bericht“, kommt aber schon seit dem 14. Jahrhundert auch als Bezeichnung für eine Landkarte vor. Der Ausdruck „mappa“ stammt von den alten, auf Stoffe gemalten Ländergemälden. Im Englischen unterscheidet man noch heute maps (Landkarten) und charts (Seekarten). Der Name „Atlas“ für eine Sammlung von Karten stammt von dem großen

kosmographischen Werke Mercators her; schon Mercators Erben haben den Namen, der ursprünglich dem Ganzen zukam, auf einen Teil desselben, die Kartensammlung, übertragen.

Man teilt die Karten allgemein in Himmels-, Land- und Seekarten ein.

Zu den Himmelskarten zählen zunächst die astronomischen Karten, welche das Sonnensystem, einzelne Planeten oder den Mond darstellen. Da zu Mondbetrachtungen astronomische Fernrohre dienen, welche die Gegenstände umkehren, so ist auf den Mondkarten oben Süden, unten Norden. Meridian- und Parallelkreise erscheinen auf der Mondscheibe wie auf der Erde gezeichnet, und man nennt die sphärischen Koordinaten eines Punktes der Mondoberfläche selenographische oder Mondkoordinaten; dementsprechend ist von einer selenographischen Länge oder Breite die Rede.

Für das Studium des gestirnten Himmels dienen die Sternkarten. Auf denselben sind die Sternbilder aufgetragen und die einzelnen Sterne erkennbar. Die angewandten Koordinaten sind hier die Deklination und die Rektaszension.

Landkarten sind Abbildungen von Teilen der Erdoberfläche.

Eine große Gruppe von Karten bilden die Seekarten oder nautischen Karten, bei denen nicht das Innere des Landes, sondern die Küsten und die das Land umgebenden Meeresteile den Hauptgegenstand der Darstellung bilden. Das Innere des Landes wird bei Seekarten für die Zeichnung von wichtigeren Stellen in größerem Maßstabe oder zur Abbildung von Seezeichen, Bojen, Baken und Leuchttürmen ausgenutzt.

Land- und Seekarten lassen sich in viele Abteilungen unterbringen, je nachdem man sie nach dem Maß der Verjüngung ihrer Maßstäbe, nach ihrem Hauptinhalte und dem durch diesen bestimmten Benutzungszweck, oder nach der Art ihrer Ausführung anordnet.

§ 13. Verjüngungsverhältnis. Einteilung der Karten nach dem Verjüngungsverhältnis.

Man versteht unter Verjüngung einer Karte das Verhältnis, unter welchem alle Teile der Abbildung verkleinert

erscheinen. Sind zwei Orte auf der Erdoberfläche 1 km voneinander entfernt und beträgt ihre Entfernung auf dem Kartenbilde 1 cm, so ist das Verjüngungsverhältnis 1 : 100 000, was man auch durch $\frac{1}{100000}$ auszudrücken pflegt. Gewöhnlich wird auf den Karten das Verjüngungsverhältnis angegeben, und zwar:

1. In Bruchform oder durch eine Verhältniszahl ($\frac{1}{100000}$ = 1 : 100 000). Dann zeigt die Verhältniszahl, der wievielte Teil eine angenommene Linie im Plane von der ihr zukommenden Linie in der Natur ist. Mißt man also z. B. beim Verhältnis $\frac{1}{40000}$ eine Entfernung von 3 cm auf der Karte ab, so entspricht dieselbe einer Distanz von 3 × 40 000 cm = 1200 m der Natur. Ist aber die gemessene Entfernung 3 dm, so entspricht dies einer wahren Distanz von 3 × 40 000 dcm = 1200 m. Man kann sich also bei Messungen in diesem Falle einer beliebigen Einheit bedienen. Die Angabe des Verjüngungsverhältnisses in dieser Form ist erst in neuerer Zeit üblich geworden.

2. Manchmal wird die Verjüngung durch ungleiche Maßeinheiten angegeben, indem man ausdrückt, wie groß die Entfernung zweier Punkte in der Natur ist, deren Entfernung auf der Karte einen bestimmten Betrag, z. B. einen Zentimeter erreicht. Steht also auf der Karte geschrieben 1 cm = 500 m, so will das sagen, daß jeder Zentimeter der Karte gleich 500 m der Natur ist. Wird also die Länge eines Flußlaufes abgezirkelt und gleich 17 cm gefunden, so entspricht dies einer wirklichen Länge von 500 × 17 = 8500 m = 8 ½ km. Diese Art der Angabe ist die auf englischen Karten gebräuchliche (1 inch = 15,78 miles, d. h. 1 : 1 000 000).

3. Endlich enthalten die Karten meistens einen verjüngten Maßstab, auf dem die Distanzen nach Auftragung mittels Zirkels direkt abgelesen werden. Auf solche Maßstäbe

sind nämlich die üblichen Maße, Kilometer oder Meilen, verkleinert aufgetragen, z. B. ein Zoll (engl.: inch) für eine Meile. Die Teilstriche des Maßstabes geben die den jeweiligen Zirkelöffnungen entsprechenden Entfernungen, wie sie in der Natur stattfinden, direkt an. Unsere Figur 50 ist ein verjüngter Linienmaßstab für das Verhältnis 1 cm = 1 Meile. Jeder Teilstrich desselben stellt eine Meile vor, welche man verjüngte Meile nennt. Einer der

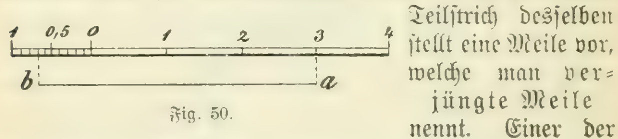


Fig. 50.

Teilstriche trägt noch zehn Unterabteilungen, um Zehntelmeilen abzulesen. Hat man also z. B. eine Distanz a b zu bestimmen, so wird sie in Zirkelöffnung genommen und von a bis b abgesetzt. Die Ablesung am Maßstab ergibt 3,7, d. h. die Orte sind 3,7 Meilen voneinander entfernt. Diese Art der Angabe des Verjüngungsverhältnisses findet man auf allen älteren Karten von der Zeit der sog. loxodromischen Karten bis in unser Jahrhundert.

Ist gar keine Verhältniszahl und kein Maßstab vorhanden, so kann man das Verjüngungsverhältnis selbst ermitteln, indem man die Länge eines Meridiangrades auf der Karte mißt und dieselbe durch die wahre Länge eines Meridiangrades dividiert.

Ist auf der Karte ein Meridiangrad 5 cm lang, so ist unter der Annahme von 111 121 m für die mittlere Länge eines Meridiangrades das Verjüngungsverhältnis:

$$5 \text{ cm} : 11\,112\,100 \text{ cm}$$

d. i.: $$1 \text{ cm} : 2\,222\,420 \text{ cm}$$

oder rund: $$\frac{1}{2\,220\,000}$$ [1]).

[1]) Eine Tabelle zur Auffindung des Verjüngungsmaßstabes einer Karte aus der gemessenen Länge eines Äquatorgrades (111 307 m) findet man im „Geographischen Jahrbuch" 3, 1870, S. LIII.

Das auf der Karte angegebene Verjüngungsverhältnis gilt genau genommen nur für den zur Berechnung des Gradnetzes benutzten Erdradius. Denn die Distanzen werden in den Projektionen nur auf wenigen Linien, oft nur auf einer Linie längentreu, oder besser gesagt verjüngungsgetreu, wiedergegeben. Nur in Karten größter Maßstäbe kann man genaue Längenmessungen nach allen Richtungen und in allen Teilen der Karten anstellen. Bei kleineren Maßstäben kann man die direkten Messungen nur auf den längentreu abgebildeten Linien ausführen. Wo solche nicht benutzbar sind, oder wo sie überhaupt nicht existieren, wie z. B. in Lamberts flächentreuer azimutaler Projektion, da muß die zu messende Strecke berechnet werden[1]). Es wäre deshalb besser, wenn auf jeder Karte ausdrücklich vermerkt stünde: Maßstab des zugrunde gelegten Erdradius 1: . . . Auch wäre es für Laien wünschenswert, wenn außer dem Namen der Projektion die Linien genannt würden, auf denen noch Längenmessungen ausführbar sind.

Das Verjüngungsverhältnis ändert sich im übrigen mit dem Zustand der Atmosphäre und hängt von der Temperatur der letzteren und vorzüglich von ihrem Feuchtigkeitsgehalt ab, indem sich das Papier, auf welches die Karte gezeichnet ist, bei Kälte und Feuchtigkeit zusammenzieht.

Die meisten europäischen Staaten rechnen gegenwärtig nach dem Metermaße, welchem das Meter als Einheit zugrunde liegt. Ein Meter gilt als der zehnmillionste Teil eines Meridianquadranten.

---

[1]) Man liest aus der Karte die geographischen Längen und Breiten der beiden Punkte ab, deren Abstand ermittelt werden soll. Die in Graden ausgedrückten Abstände der Punkte von einem Erdpol und der von den zugehörigen Meridianen eingeschlossene Winkel am Pol sind dann die bekannten drei Stücke eines sphärischen Dreiecks, dessen dritte Seite die gesuchte ist, die dann mit Hilfe des sphärischen Kosinussatzes berechnet wird.

Beim Messen von großen Ausdehnungen findet das Meilenmaß Anwendung, und zwar nennt man Seemeile oder „Knoten" die Bogenlänge einer Minute des größten Kreises der kugelförmigen Erde, dagegen geographische Meile die Bogenlänge von vier solchen Minuten. Es ist:

1 Seemeile = 1852 Meter rund,
1 geogr. Meile = 7500 „ „

Auf älteren Karten finden sich überdies folgende Maße:

1 österreichische Postmeile = 7586 m,
1 preußische Meile = 7532 m,
1 englische statute mile = 1609 m,
1 russische Werst = 1066 m.

Der Flächeninhalt der Länder wird in Quadratmeilen oder im Quadratmetermaß, in der Regel in Quadratkilometern angegeben.

Wo es sich nicht um große Genauigkeit handelt, wird auch das Schrittmaß angewendet. Dazu mögen folgende Anhaltspunkte dienen: Ein Mann legt in der Minute

in gewöhnlicher Gangart 120 Schritte zurück = 90 m,
in schneller „ 136 „ „ = 102 m,
im Lauf . . . . 170 „ „ = 153 m.

Das Verjüngungsverhältnis wird nach dem Zweck, welchem die Karte dienen soll, gewählt und bedingt folgende Einteilung der Karten.

1. Plan- und Flurkarten im Maßstabe von 1 : 500 bis 1 : 10 000 für Katasterkarten, Pläne zu technischen Zwecken wie Flußregulierungen, Straßen- und Eisenbahnbauten usw.; die Maßstäbe von 1 : 2000 bis 1 : 5000 sind die gebräuchlichsten. Einen großen Maßstab wählt man in der Regel auch für die ersten Aufzeichnungen von spärlicherem Material, zur Konstruktion der Routenkarten, wegen der bequemeren übersichtlicheren Arbeit.

2. Topographische Spezialkarten im Maßstabe von 1 : 10 000 bis etwa 1 : 200 000. (Nach Originalaufnahmen im Felde entworfen.)

3. Geographische Karten, Übersichtskarten im Maßstabe von etwa 1 : 200 000 bis zu den kleinsten.

Diese Einteilung ist jedoch nicht streng zu nehmen, indem eine Karte mittleren Maßstabes, je nachdem sie in Beziehung zu einer höheren oder niederen Klasse gesetzt wird, als Generalkarte oder als Spezialkarte gelten kann.

Bei Seekarten nimmt man die Einteilung wie folgt vor:

1. Küsten- oder Spezialkarten im Maßstabe 1 : 10 000 bis 1 : 30 000, welche bei Fahrten in der Nähe der Küste, durch Meerengen und zur Einfahrt in Buchten, Flußmündungen oder Häfen gebraucht werden.

2. Segel- oder Kurskarten, welche zum gewöhnlichen Gebrauche während der Fahrt bestimmt sind, insbesondere zur Angabe der geographischen Position und des Kurses benutzt werden. Was das Verjüngungsverhältnis anbelangt, so fordert man von diesen Karten, daß man auf der Längen- und Breitenskala einzelne Minuten genau ablesen könne.

3. General- oder Übersichtskarten, welche zur allgemeinen Orientierung bei Anlegung längerer ozeanischer Reiserouten dienen; ihr Verjüngungsverhältnis beträgt gewöhnlich: 1 : 800 000 bis 1 : 1 000 000.

§ 14. Einteilung der Karten nach ihrer Bestimmung.

Eine Einteilung der Karten nach der durch ihren Hauptinhalt gekennzeichneten Bestimmung ist schwer auszuführen, da namentlich in neuester Zeit das Bestreben nach bildlicher Veranschaulichung zu den mannigfachsten Versuchen kartographischer Darstellungen geführt hat. Wir wollen nur die wichtigsten größeren Gruppen hervorheben.

1. Die geographischen Karten im allgemeinen haben die Bestimmung, innerhalb der durch das Verjüngungsverhältnis gesteckten Grenzen ein möglichst getreues Bild der Erdoberfläche oder eines Teiles derselben mit allen dem allgemeineren Wissen notwendigen oder den besonderen Zwecken der Orientierung dienenden Einzelheiten zu geben.

2. Allgemeine physikalische Karten haben die Aufgabe, die allgemeine physische Beschaffenheit oder besondere

physische Verhältnisse eines Erdraumes mit Vernachlässigung aller dem besonderen Zwecke fremder Einzelheiten zur Darstellung zu bringen. Man kann dabei trennen:

a) Geognostische und geologische Karten sind dazu bestimmt, die Zusammensetzung des Bodens aus den verschiedenen Gesteinsarten und die Zugehörigkeit dieser zu den Formationen der erdgeschichtlichen Perioden zu veranschaulichen.

b) Hydrographische oder Gewässerkarten sind solche, auf denen besonders die Gewässer aller Art, wie Ströme, Flüsse, Bäche, Kanäle, Seen, Teiche mit Angabe der Flößbarkeit und Schiffbarkeit der bezüglichen Wasserstraßen, der Stromschnellen, Brücken, Fähren, der Tiefen der Seen u. dgl. erscheinen.

c) Orographische oder Gebirgskarten sind vorzugsweise der Darstellung der Unebenheiten des Bodens gewidmet. Denselben soll man leicht die Streichrichtungen und Verteilungen der Gebirge entnehmen, die Höhen, die Lage der Sättel, Rücken und Pässe.

3. Allgemeine biologische Karten betrachten die Erde als den Nährboden des menschlichen, tierischen und pflanzlichen Lebens. Je nachdem sie die Verbreitung der Gruppen der Menschheit, der Tierwelt oder der Pflanzenwelt darstellen, sind sie als ethnographische, tier- oder pflanzengeographische zu bezeichnen. Die ersteren sind die wichtigsten und mannigfaltigsten und geben Aufschlüsse über die Verteilung der Menschheit nach Völkergruppen und sog. Rassen, über die Verbreitung von Sprachen, Nationalitäten, Sitten und Gebräuchen, religiösen Vorstellungen, Krankheiten usw.

4. Politische Karten verdeutlichen in bildlicher Darstellung die administrative Einteilung der Erde und ihrer verschiedenen Staatengebilde. Stellen sie diese Einteilung als den Zustand vergangener Perioden dar, so nennt man sie historische Karten.

5. Verkehrskarten haben den Zweck der Veranschaulichung der natürlichen oder künstlichen Wege und Hilfsmittel des Völkerverkehrs und Handels. Auf den allgemeinen Verkehrskarten sind alle Verkehrsmittel eines größeren Ländergebiets oder eines Staates mit Übergehung der Einzelheiten in großen, aber doch genauen Zügen dargestellt. Spezielle Verkehrskarten, wie Eisenbahnkarten, Straßenkarten, Telegraphenkarten, Postkarten, Seefahrtskarten enthalten alle möglichen Details, wie Stationen mit Haltestellen, Distanzen, Meilen-

zeiger, Pferdewechselstationen, Umsteigstellen usw. Die Seefahrtskarten neuerer Konstruktion (z. B. Chatelains Weltkarte) machen die Flaggen die Dampfschiffe ersichtlich, welche die verschiedenen Linien befahren, und geben auch die Anzahl der Abfahrten per Monat oder Woche an. Zu diesen Karten gehören die vor kurzem eingeführten, für wirtschaftliche Bedürfnisse sehr wichtigen isochronischen Karten. Auf denselben wird ersichtlich gemacht, welche Orte von einem großen Zentrum aus (Hauptstadt eines Staates) binnen gewisser Zeiten erreicht werden können. Eine besondere Art der Verkehrskarten sind die nautischen Spurkarten, welche die je nach den Jahreszeiten empfehlenswerten Schiffsbahnen in Gestalt verschiedenfarbiger Linien angeben.

6. Statistische Karten veranschaulichen die Verbreitung der Menschheit als Individuen (Volksdichtigkeitskarten) oder die durch den Menschen geschaffenen Verhältnisse auf den Gebieten der Volkswirtschaft, der Produktion und industriellen Verarbeitung, des kommerziellen Absatzes, der Wirtschaft und Zucht (wirtschaftsgeographische Karten).

7. Geradezu endlos ist die Serie der speziellen physikalischen Karten, deren Bestimmung es ist, Aufschluß über die Erscheinungen in der Luft- und Wasserhülle der Erde zu geben.

Als wichtigste nennen wir hier: erdmagnetische Karten, welche die Verteilung der magnetischen Kraft der Erde zeigen; meteorologische Karten, welche die Verteilung von Wärme, Schwere, Feuchtigkeit und Bewegung im Luftmeer darstellen; klimatologische Karten, welche die Verbreitung der aus der Vereinigung aller dieser Faktoren resultierenden Klimagebiete angeben; ozeanologische Karten, welche die Wärme-, Schwere- und Bewegungsverhältnisse in den Meeresräumen veranschaulichen u. a. m. Außerdem ist hier nochmals die große Gruppe der Seekarten zu erwähnen.

Bei allen Karten, die, wie die letzteren Gruppen, ganz speziellen Zwecken dienen, macht man die darzustellenden Verhältnisse entweder durch Farbenanlage (Flächenkolorit), oder durch Linien ersichtlich, welche die Punkte gleicher Intensität der Erscheinung verbinden.

Sämtliche bisher beschriebenen Karten können schließlich Handkarten oder Schulkarten sein. Die Handkarten sind für das höhere Studium und zum Geschäftsgebrauche bestimmt.

Die sogenannten Schulkarten unterscheiden sich von den Handkarten durch das handlichere Format und durch die zweckmäßige Beschränkung und Anordnung des Inhaltes, gleichviel, ob sie als Teile der Schulatlanten für die Schüler oder als Wandkarten für die Schule bestimmt sind. Dementsprechend unterscheidet man auch Handatlanten (Stieler, Debes, Andree, Spamer) und Schulatlanten (Henry Lange, Sydow-Wagner, Diercke-Gäbler, Langhans, Lehmann-Petzold u. a. m.).

Sechstes Kapitel.

Graphische Darstellung der Bodenbeschaffenheit.

§ 15. Situationsentwurf.

Die Kartenprojektionslehre machte uns mit verschiedenen Methoden vertraut, die Länder in der Ebene abzubilden. Man konstruiert nach der einen oder nach der andern Projektion zunächst das Gradnetz und trägt nun die Punkte nach ihren geographischen Längen und Breiten auf dasselbe auf. Diese Punkte sind Städte, Dörfer, Weiler usw. Um einen Fluß, eine Landesgrenze, eine Gebirgskette, einen Küstenrand usw. in das Blatt einzutragen, denkt man sich die bezügliche krumme Linie je nach dem gewählten Maßstabe der Karte in eine Polygonallinie von mehr oder weniger langen Seiten zerlegt und überträgt letztere durch die geographischen Längen und Breiten der Eckpunkte auf die Karte.

Man verlangt von den geographischen Karten im allgemeinen, daß sie ein natürliches Bild der Bodenbeschaffenheit geben und die wichtigsten Objekte enthalten, welche auf die Bewohnung, Bodenkultur und das Verkehrswesen Bezug haben. Bei den Generalkarten tritt der Fall ein, daß aus Mangel am nötigen Raum, sowie aus Rücksicht auf Deutlichkeit und Lesbarkeit nicht mehr alle Objekte, wie z. B. einzelne Häuser, kleinste Bäche, Feld- und Waldwege, Kulturunter-

schiede usw., eingezeichnet werden können, sondern eine prinzipielle Beschränkung eintreten muß. Es geht daher der individuelle Charakter allgemach in einen allgemeinen Typus, in ein charakteristisches Bild im großen über. In höherem Maße geschieht dies bei denjenigen geographischen Karten, bei denen die Verkleinerung bereits eine halbe Million überschreitet. Hier tritt an Stelle des Naturbildes mehr und mehr eine Symbolisierung der topographischen und geographischen Objekte; es erscheinen nur noch Charakterzeichen für alle Wohnorte. Weiler und kleinere Wohnorte müssen in volksdichten Gebieten wegbleiben, ebenso minderwichtige Straßen, Kulturangaben und dergleichen, so daß Landkarten kleinsten Maßstabes nur noch ein abstraktes Bild der allgemeinsten Verhältnisse, der Umrisse und Flächenräume geben.

Je nach der Bestimmung der Karte werden aber schmale und kleine Gegenstände, die von Wichtigkeit sind und nach dem gegebenen Verjüngungsverhältnis nicht gezeichnet werden könnten, unverhältnismäßig größer dargestellt. Eine Straße 1. Klasse ist z. B. für eine Verkehrskarte ein sehr wichtiger Gegenstand. Ist aber die Karte im Verhältnis 1 : 25 000 gezeichnet, so würde diese Straße nur 0,2 mm breit erscheinen und somit wenig auffallen. Man pflegt dann das bezügliche Objekt durch Übertreiben des Maßes zu verdeutlichen und macht z. B. eine solche Straße 1,2 mm breit.

Gegenstände, deren Grundriß bei der Darstellung kein deutliches Bild gibt, werden durch bestimmte, meist den Originalgegenständen annähernd ähnliche Zeichen ersichtlich gemacht. Solche Zeichen nennt man Signaturen oder konventionelle Zeichen. Der Übersichtlichkeit wegen werden dieselben durch Farben, Zeichen oder durch die Verschiedenheit der Schrift kennbar gemacht. Was die Anwendung der Farben zur Bezeichnung der Gegenstände anbelangt, so hält man sich an folgende Bestimmungen:

Alle Gewässer werden dunkelblau ausgezogen und blaßblau angelegt, Objekte von Stein rot, von Holz oder Erde schwarz, Hutweiden, Heiden, Wiesen, Gärten blaugrün, Waldungen, Remisen blaßschwarz, Gestrüppe gelblichgrau, Weingärten gelbrot, Felsen und Gerölle rotbraun, die Fußsteige, Saumwege und gewöhnlichen Fahrwege, falls sie Hauptverbindungswege bilden, durch chromgelb ersichtlich gemacht. Sumpf und Moorstriche werden blau gezeichnet. Felder, welche nur während der Brache als Hütung oder abwechselnd als Acker oder Wiese benutzt werden, bleiben weiß.

Die Signaturen sind je nach dem gewählten Maßstab und nach den besonderen Bestimmungen der Karten verschieden, doch im allgemeinen einander ähnlich. Die Figuren 51, 52, 53, 54 zeigen die Signaturen zum Planzeichnen nach den für die Aufnahmen des Königl. Preußischen Generalstabes geltenden Bestimmungen. Figur 55 und 56 enthalten die wichtigsten Signaturen und Abkürzungen der Seekarten des Deutschen Reichs-Marineamtes.

Diese einfachen Bezeichnungsweisen sind allgemein erst in neuerer Zeit eingeführt worden, wenngleich ein gewisses Maß der Symbolisierung der Naturobjekte auch schon auf allen älteren kartographischen Darstellungen zu bemerken ist. So waren schon auf den römischen Straßenkarten (itineraria picta) die Gebirge nach der Hügelmanier, Flüsse durch dickere krumme, Straßen durch dünne gerade Linien verzeichnet: auf den letzteren befanden sich Zahlen, welche die Entfernungen von Ort zu Ort in Stadien angaben, sowie die Namen der Straßen. Größere Waldungen waren durch Bäume, Städte und Lager durch einzelne Häuser bezeichnet. Das älteste uns erhaltene Bild einer solchen Straßenkarte und zugleich das kartographische Hauptdenkmal des Altertums ist die sogenannte Peutingersche Tafel (Fig. 57),

Wege.

Fussweg.

Feldweg

Gewöhnlicher Verbindungsweg

Besserer Verbindungsweg

Befestigter Weg

Chaussee.

Damm

mit fahrbarer, ohne fahrbare Krone

Knüppel Damm.

Stein Damm

Eisenbahnen.

Eingleisig

Zweigeleisig

Ausweichestelle

Im Bau begriffen. Projectirt

Bhf.

Durchstich

BW

H. St.

Rampe

Damm

Durchlass

Hölzerne Brücke

Tunnel

Steinerne Brücke

Holz Brü

Stein

Thalüberquerung (Viaduct)

Eisen Brü

Kreuzung in gleicher Höhe

E.P.

STADT und FESTUNG

Kirchdorf

Gut

M.

Fig. 51.

Wohnstätten und deren Umgebungen.

Massive Häuser u. nicht massive Häuser

Massive u. nicht massive Kapellen ... Kp. Kp

Massive u. nicht massive Kirche ohne Thurm

Massive u. nicht massive Kirche mit Thurm

Wassermühle

Holländer-Windmühle, massiv u. nicht massiv

Bock Windmühle

Forst-Amt ... F.A.

Ober-Försterei ... O.F.

Försterei, Forsthaus ... F.

Wald-Wärterhaus ... W.W.

Mauer

Bretterzaun, Lattenzaun

Eisengitter, Drahtzaun

Grössere längliche Steinhaufen

Hecke

Wall { Feldein- friedigung } mit Hecke (Knick) / ohne Hecke

Garten (Obst-, Gemüse-)

Kunstgarten

Wein-Garten

Hopfen-Garten

Khf. Kirchhof für Christen

Bgr. Pl. Begräbnissplatz für Juden

Fig. 52.

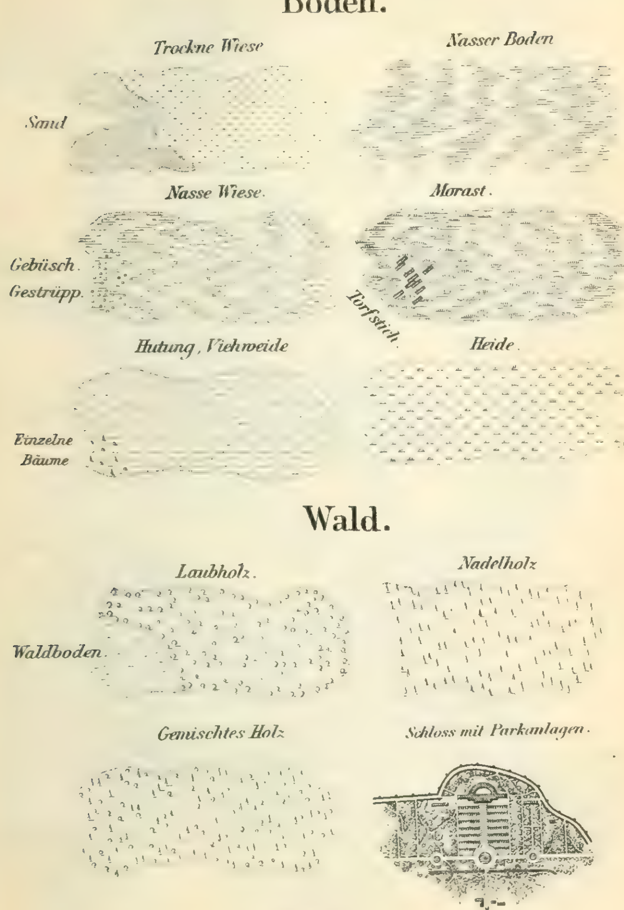
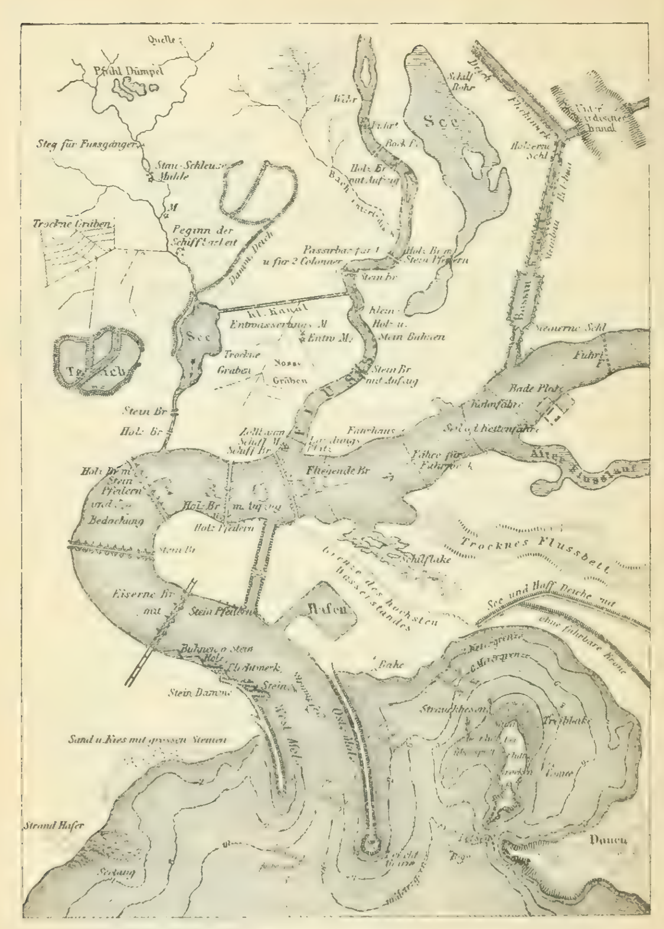

Boden.
Trockne Wiese
Nasser Boden
Sand
Nasse Wiese.
Morast.
Gebüsch.
Gestrüpp.
Torfstich.
Hutung, Viehweide
Heide.
Einzelne
Bäume
Wald.
Laubholz.
Nadelholz
Waldboden.
Gemischtes Holz
Schloss mit Parkanlagen.

Fig. 53.



Gewässer.

Fig. 54.

Benennungen für Seezeichen und Leuchtfeuer.

Feste Seezeichen	
Bk, Bkn.	*Bake, Baken*
Dlb.	*Dalben*
Dev-Bk.	*Deviationsbake*
Kmpss-Bk.	*Kompensierungsbake*
Lcht-Bk.	*Leuchtbake*
Lcht-Tm.	*Leuchtturm*
Ml-Bk.	*Meilenbake*
Sperr-Sgn-Bk.	*Sperrsignalbake*
T-Bk.	*Telegraphenbake*
Wk-Bk.	*Winkbake*

Schwimmende Seezeichen	
Anst-Tn.	*Ansteuerungstonne*
Fstm-Tn.	*Festmachetonne*
Gl-Tn.	*Glockentonne*
Hl-Tn.	*Heultonne*
Lcht-Tn.	*Leuchttonne*
Ml-Tn.	*Meilentonne*
Pos-Tn.	*Positionstonne*
Qrt-Tn.	*Quarantänetonne*
T-Tn.	*Telegraphentonne*
Wr-Tn.	*Wracktonne*

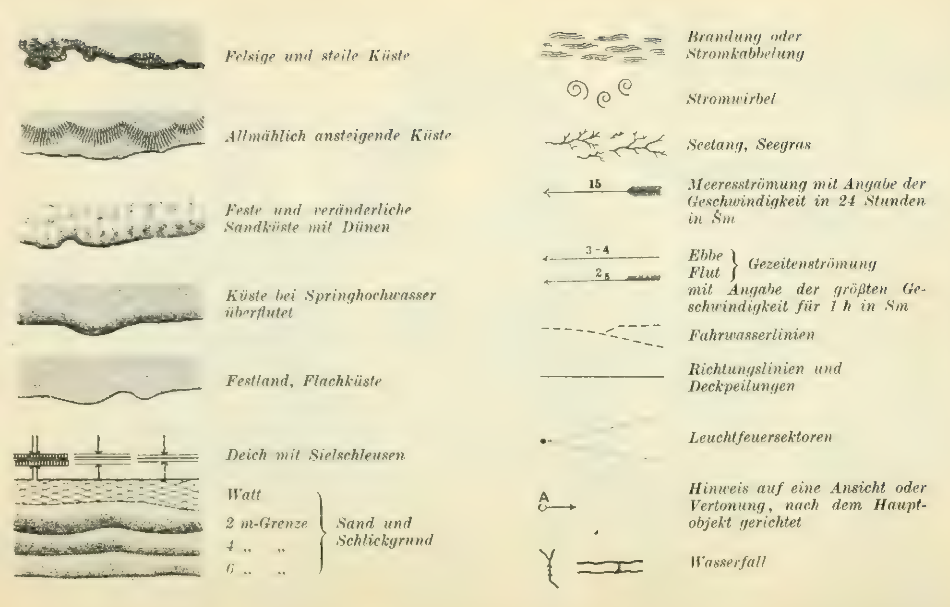
Leuchtfeuer

F.	*Festfeuer, weiß*
F.w. & r.	*Festfeuer, aus weißen und roten Sektoren bestehend*
Ubr.	*Unterbrochenes Feuer, weiß m. Einzelunterbrechungen*
Ubr.Grp.	*Unterbrochenes Feuer, weiß mit Gruppen von (2—5) Unterbrechungen*
Wchs.w.r.	*Wechselfeuer mit Einzelwechseln weiß und rot*
Wchs.Grp.w.gn.	*Wechselfeuer mit Gruppen von (2—5) Wechseln weiß und grün*
Blk.	*Blinkfeuer, weiß m. Einzelblinken*
Blk.Grp.	*Blinkfeuer, weiß mit Gruppen von (2—5) Blinken*
F.m.Blk.	*Festfeuer, weiß mit Blinken*
Blz.	*Blitzfeuer, weiß mit Einzelblitzen*
F.m.Blz.Grp.	*Festfeuer, weiß mit Gruppen von (2—5) Blitzen*
Blz.Grp.	*Blitzfeuer, weiß mit Gruppen von (2—5) Blitzen*
Mi.	*Mischfeuer*
P-F.	*Postfeuer*
Gez-F.	*Gezeitenfeuer*
F-Sch.	*Feuerschiff*

Grundbeschaffenheit.

Aust.	*Austern*
Fls.	*Felsen*
Frm.	*Foraminiferen*
Glb.	*Globigerinen*
Grs.	*Gras*
K.	*Kies*
Kor.	*Korallen*
Kr.	*Kreide*
L.	*Lehm*
M.	*Muscheln*
Pt.	*Pteropoden*
Rdl.	*Radiolarien.*
Rgd.	*Riffgrund*
Schl.	*Schlamm*
Sd.	*Sand*
Sk.	*Schlick*
Schn.	*Schnecken*
Sst.	*Seesterne*
Stg.	*Seetang*
Sp.	*Sprenkeln*
St.	*Steine*
T.	*Ton*

Fig. 56. **Wichtigste Signaturen und Abkürzungen auf den deutschen Seekarten.**


Felsige und steile Küste
Allmählich ansteigende Küste
Feste und veränderliche Sandküste mit Dünen
Küste bei Springhochwasser überflutet
Festland, Flachküste
Deich mit Sielschleusen
Watt
2 m-Grenze
4 „ „
6 „ „
Sand und Schlickgrund
Brandung oder Stromkabbelung
Stromwirbel
Seetang, Seegras
15
Meeresströmung mit Angabe der Geschwindigkeit in 24 Stunden in Sm
3-4
2,5
Ebbe
Flut
Gezeitenströmung mit Angabe der größten Geschwindigkeit für 1 h in Sm
Fahrwasserlinien
Richtungslinien und Deckpeilungen
Leuchtfeuersektoren
A
Hinweis auf eine Ansicht oder Vertonung, nach dem Hauptobjekt gerichtet
Wasserfall

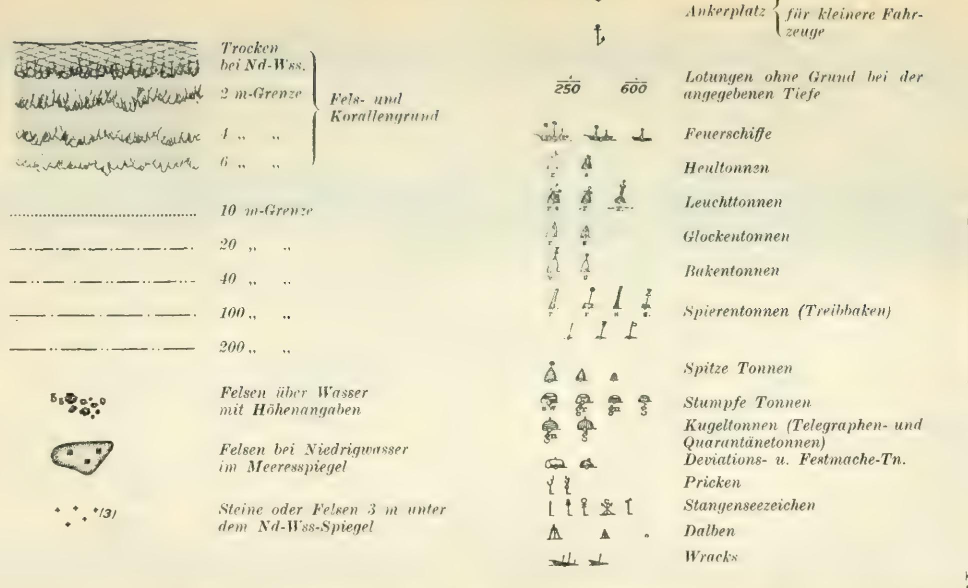


Fig. 55. **Wichtigste Signaturen auf den deutschen Seekarten.**

Fig. 57. Peutingersche Tafel.

welche von Konrad Celtes im Anfange des 16. Jahrhunderts gefunden wurde, dann in den Besitz der Familie Peutinger überging und zuerst 1591 von Wolfgang Welser und 1598 von Abraham Ortelius bekannt gemacht wurde. Das jetzt in der Hofbibliothek in Wien aufbewahrte, auf zwölf Pergamenttafeln gemalte Original scheint im 13. Jahrhundert nach einer Vorlage aus dem 3. Jahrhundert angefertigt worden zu sein.

Auf den Weltbildern des Mittelalters ist die Symbolisierung sehr gering. Da sie ja weniger dem Zwecke der Orientierung als dem der Fixierung und Illustrierung des Weltbildes dienten, so ist auf ihnen das Material topographischer Einzelheiten sehr gering. Um so größer war der Platz für bildliche Darstellungen von Örtlichkeiten, Gebäuden, Kirchen, von historischen oder mythischen Ereignissen, von Fabeltieren und monströsen Menschen. Das interessanteste Exemplar eines solchen Weltbildes ist die sogenannte Ebstorfer Weltkarte, die um 1270 in der Gegend von Lüneburg gezeichnet ist[1]).

Noch bis zum Ende des 16. Jahrhunderts pflegte man die Karten, besonders diejenigen von Asien, Afrika und Amerika, auf welchen der Mangel an sicheren Nachrichten viel Raum freiließ, in der wunderlichsten Art auszustatten und Gegenstände, welche man schärfer zum Ausdruck bringen wollte, drastisch zu markieren. So waren, wo Städte, Festungen und Burgen lagen, auch kleine Städte, Festungen und Burgen aufgezeichnet. Baumzeichnungen, z. B. drei oder vier großgezeichnete Palmen oder Kokosnußbäume, sollten die Vegetation charakterisieren. Große, mitten in einem Lande gezeichnete Fahnen oder die Bilder auf dem Thron sitzender Fürsten hatten die Bestimmung, die regierende

[1]) Diese Karte ist in neuester Zeit von K. Miller in wundervoller Nachbildung veröffentlicht worden. (Mappae mundi. Heft 5.)

Macht zu veranschaulichen. Menschengestalten in ziemlich großem Maßstabe gaben über die Verteilung der Menschen-

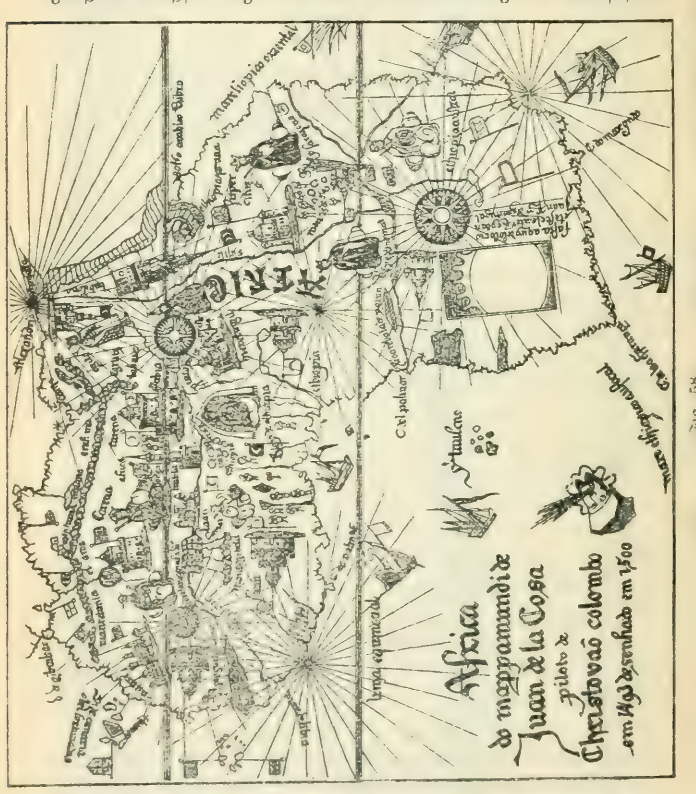


Fig. 58.

rassen Aufschluß, ebenso wie Tierbilder auf die wunderbare Fauna der Länder hindeuteten. Z. B. ist die Karte Juan de la Cosas (1500), aus der Figur 58 den Erdteil Afrika

darstellt, mit solchen Bildern überfüllt, und auch der Globus Martin Behaims (1492) (Fig. 59) enthält derartige

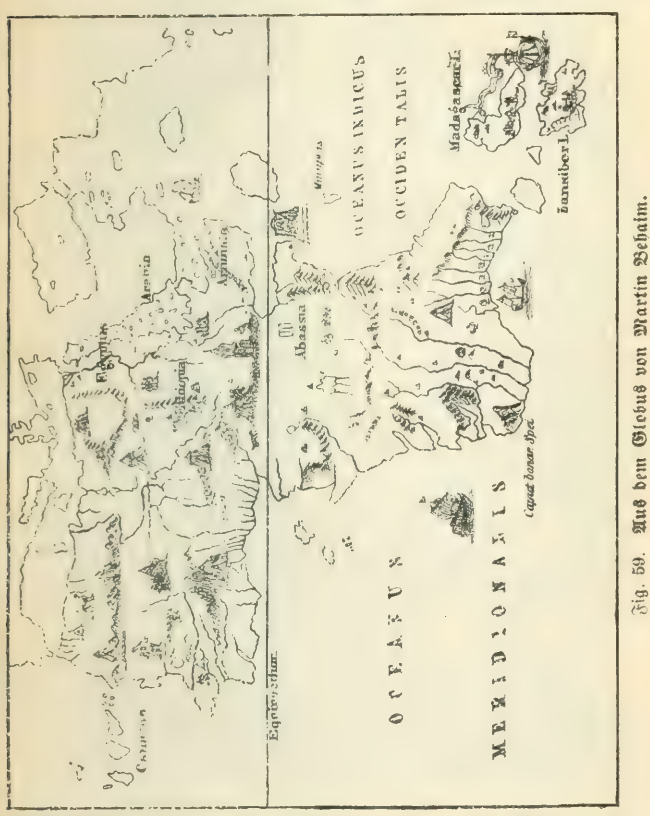


Fig. 59. **Aus dem Globus von Martin Behaim.**

Zeichnungen, wenn auch nicht in so großer Anzahl. Auf der Karte von Afrika von Sebastian Münster (1544)

(Fig. 60) sind die Königreiche nur mehr durch Zepter und Kronen bezeichnet; man bemerkt auf derselben aber auch

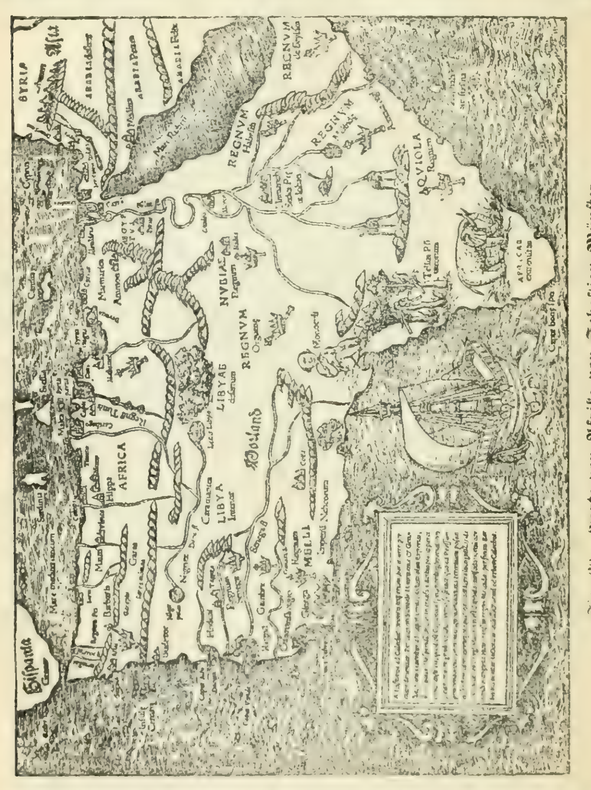


Fig. 60. Karte von Afrika von Sebastian Münster.

noch einzelne Bäume mit daraufsitzenden Papageien in der Gegend der Kongomündung, in der Nähe des Kaplandes einen großen Elefanten, und im heutigen Kamerun vertritt

die Gestalt eines einäugigen Menschen als Repräsentant der Monoculi die Monstren des Mittelalters. Wenngleich also die Karten des beginnenden 16. Jahrhunderts immer noch einige Reste des Bilderschmuckes der älteren Weltkarten aufweisen, so beginnt doch um diese Zeit mit der Reformation der wissenschaftlichen Kartographie auch die moderne Form der topographischen Zeichnung. Alle die Zeichner, deren Arbeiten Abraham Ortelius (1526—1598) in seinem Theatrum Orbis (1570) vereinigte und Mercator in seinem Atlas (1585—1595) verwertete, haben ihren Anteil an dieser Reform, und nicht zuletzt ist auch hier Mercator selbst zu nennen, dem wir vor allen die Einführung der lateinischen Kursivschrift als Ersatz der gotischen Buchstabenschrift auf Karten zu danken haben.

Besondere Verdienste in bezug auf topographische Ausstattung erwarb sich Philipp Apian, dessen „Bayrische Landtafeln“, das topographische Meisterwerk des 16. Jahrhunderts, in Holzschnitt auf 24 Blättern zu Ingolstadt 1568 erschienen [1].

Auf derselben (Fig. 61) sind Reichsstädte, Bischofssitze, Klöster, Städte, Dörfer, sodann die Orte, wo sich Spiegelhütten, Glashütten, Salinen, Erzgruben und Heilquellen befinden, durch besondere Zeichen angegeben, Verwaltungs- und Gerichtsbezirke begrenzt usw. Eine andere vorzügliche Spezialkarte, ein würdiges Seitenstück zur Apianschen, lieferte der Thüringer Pastor Kaspar Hennenberger mit seiner Karte von Preußen vom Jahre 1576. Auf derselben sind die Küstenlinien und Bewässerungen mit großer Treue dargestellt; Laub- und Nadelholzwälder sind unterschieden, Städte, Festungen, Schlösser, Dörfer, Mühlen usw. durch besondere Zeichen kenntlich gemacht.

[1] Diese Karte ist auch aus technischen Gründen interessant. Die erhalten gebliebenen Druckplatten zeigen die erstmalige Verwendung einer Art Stereotypie.

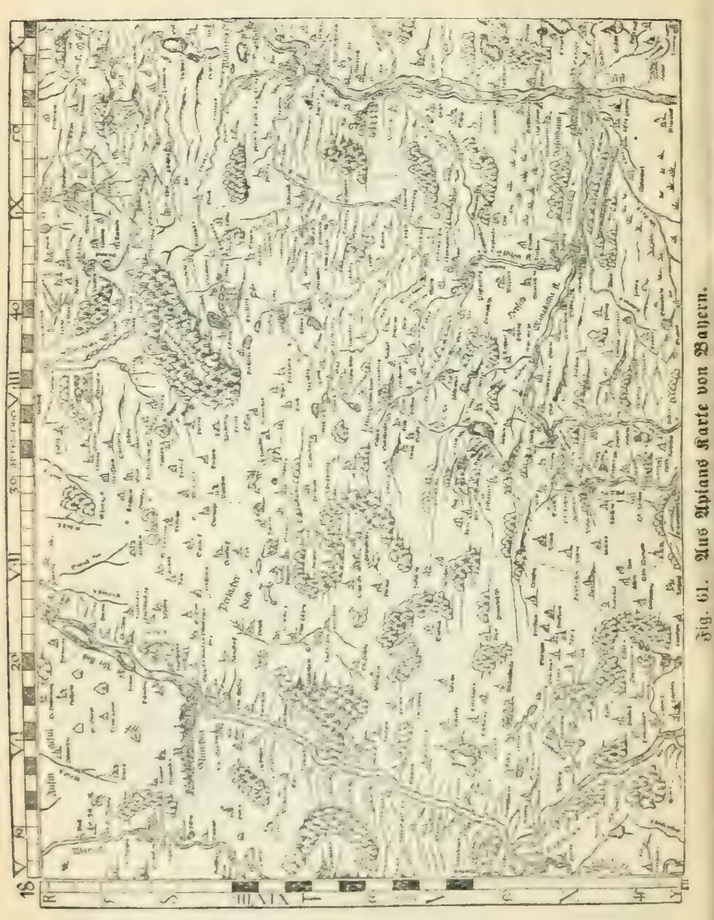


Fig. 61. Aus Apians Karte von Bayern.

Wie Apian in Bayern, zeichnete sich in Sachsen in bezug auf topographische Ausführung Matthias Oeder aus. Derselbe verfaßte zu Ende des 16. Jahrhunderts auf Grund genauer Vermessungen mit Meßschnur, Quadranten und Bussole eine Karte der gesamten kursächsischen Lande, welche nicht nur als ein topographisches Meisterstück aus jenen Zeiten angesehen wird, sondern auch sehr gut geeignet ist, wertvolles, historisches und statistisches Material für die Geographie Sachsens um das Jahr 1600 zu liefern. Sieht man nämlich von einigen Strecken ab, welche Oeder nicht eingehender bereisen konnte, so sind alle anderen Gebiete mit großem Fleiß charakterisiert. Städte und Dörfer in ihrer im Berglande so häufig vorkommenden charakteristischen Längenerstreckung in einer Talmulde, an einem Bache entlang, die Lage der Kirche und des Schlosses im Orte, die Mühlen, Weinberge, Wälder sind in genauer Lage und Begrenzung eingetragen. Flüsse, Bäche und Teiche sind in ihrem Verlaufe und in ihren besonderen Gestaltungen auf das sorgfältigste vermessen und verzeichnet. Die vielgenannten und weitverbreiteten Karten A. F. Zürners aus dem Anfang des 18. Jahrhunderts sind weit weniger genau als jene Oeders. Von anderen wichtigen Karten dieser Reformzeit nennen wir noch Martin Helwigs „Erste Land-Charte vom Herzogthum Schlesien (1561)", Humphrey Lhuyds Karte von England (1569) und aus dem 17. Jahrhundert die Landesaufnahme Württembergs (1624—1635) von Wilhelm Schickhardt.

Aber auch die alte Methode, drastische Zeichen zu verwenden, behielt ihr Recht. So konstruierte sich Kurfürst August von Sachsen um das Jahr 1575 einen eigentümlich illustrierten touristischen Führer für eine längere Landreise, der als ältestes Vorbild der noch heute üblichen Touristenkarten für längere Eisenbahn- und Flußfahrten

(z. B. Rheinfahrtkarten) gelten kann. Gänzlich verzichtet auf die Anwendung symbolischer Zeichen eine Zeichenmanier, welche auf die Vogelperspektive gegründet ist. Ein gutes Muster solcher Karten, deren es im 16. und 17. Jahrhundert zahlreiche gegeben hat, ist die aus dem Jahre 1566 stammende Karte von Meißen und Thüringen von Hiob Magdeburg. Die ganze Karte ist mit bunten Deckfarben auf Papier gemalt. Die Darstellung wirkt mit den grünen Wäldern, braunen Gebirgen und Felsen, blauen Gewässern und roten Dächern der Gebäude in Städten und Dörfern wie ein Gemälde aus der Vogelperspektive. Einzelne Berge

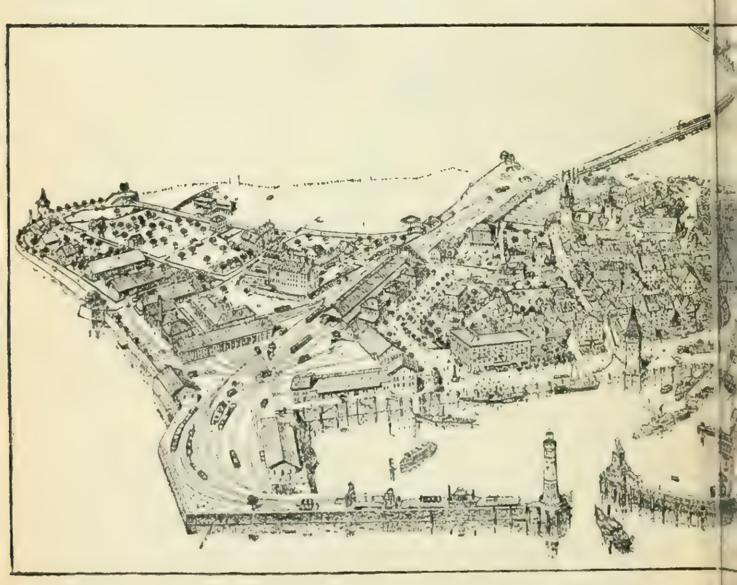


Fig. 62. **Lindau aus**

glaubt man sogar an ihrer landschaftlichen Gestalt zu erkennen.

In neuester Zeit wird vielfach diese alte Darstellungsweise „aus der schrägen Vogelschau“ wieder neu aufgenommen. Wie bei den Jagd- und Markungskarten des 15. und 16. Jahrhunderts die Aufnahme der Örtlichkeiten und des Geländes tatsächlich von einem Berg oder Turme aus erfolgte, welche eine günstige Rundsicht gestatteten, so ist hier — wie Figur 62 zeigt — die Aufnahmestellung an einem entfernten und erhöhten Punkte gedacht. Diese Darstellungsweise bietet den großen Vorteil, nicht bloß den Grundriß



…schrägen Vogelschau“.

der Landschaft, sondern auch ein Bild derselben, wie es sich in der Wirklichkeit darbietet, zu geben. Dieselbe eignet sich jedoch naturgemäß nur für kleinere Gebiete, da sich die von der Aufnahmestellung abgelegenen Teile der Landschaft unverhältnismäßig zusammenschieben, — ein Nachteil, der indes durch Aneinanderfügung der aus mehreren Aufnahmestellungen gewonnenen Bilder teilweise beseitigt werden kann.

Im 17. Jahrhundert schritt mit der Ausbildung der Triangulation auch die topographische Darstellung des Terrains vor. Ein Zeitgenosse des Begründers der wissenschaftlichen Aufnahmelehre, des berühmten Snellius, Hans Konrad Gyger, verfertigte 1667 eine ziemlich genaue Karte des Kantons Zürich in der Schweiz mit den angrenzenden Gebieten im Maßstabe 1 : 30 000, die als vorzügliche topographische Leistung angesehen wird. Auf der Karte selbst wird angegeben, daß „alles nach geometrischer Anleitung abgetragen“ wurde. Mit dem 18. Jahrhundert beginnt dann die Periode der geodätisch-topographischen Landesaufnahmen. Frankreich erhielt durch den im ersten Teil genannten Cassini eine große topographische Karte im Maßstabe 1 : 86 400; im Anschluß an diese Karte schuf seit 1777 die österreichische Verwaltung Belgiens die große 25 Blatt-Karte Belgiens von Joseph de Ferraris. In deutschen Landen verhinderte die territoriale Zersplitterung die Herstellung einer auf topographischer Aufnahme beruhenden einheitlichen Karte; doch verschafften sich einige kleinere Staaten schon früh gute Karten ihres Ländergebiets. Hessen-Kassel besaß schon 1708 eine gute topographische Landkarte im Maßstabe von 1 : 54 000. Für Württemberg lieferte 1795—1818 J. G. F. von Bohnenberger die treffliche „Charte von Schwaben“ in 54 Blatt in 1 : 84 600; das Bremische Staatsgebiet vermaß 1790 bis 1798 C. A. Heinecken. In Österreich beklagte man noch

zu Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts den Mangel einer guten topographischen Karte der Monarchie, und auch Preußen hat erst spät eine systematische Landesaufnahme begonnen.

Im Jahre 1874 übernahm der Königl. Preußische Generalstab die Blätter der 1805 von G. D. Reymann begonnenen und von C. W. v. Oesfeld fortgesetzten „Topographischen Spezialkarte von Mitteleuropa“ in 1:200000, nicht zu verwechseln mit der neuen Karte im gleichen Maßstabe in Mehrfarbendruck mit Isohypsen, die unstreitig den gegenwärtig höchsten Stand der Technik repräsentiert. Am bekanntesten dürfte allerdings die Karte des Deutschen Reiches 1 : 100000 sein, die jetzt endlich für das gesamte Reichsgebiet vollendet vorliegt, wenn auch noch nicht absolut einheitlich bearbeitet, da manche Teile davon noch auf älteren Aufnahmen beruhen. Die Publikation der sogenannten Meßtischblätter 1 : 25000 steht noch aus, abgesehen von kleinen Gebieten in West- und Ostpreußen, der Nordhälfte Bayerns, der Pfalz und dem größeren Teile Württembergs. — Jetzt besitzt die Mehrzahl der zivilisierten Staaten topographische Karten, wenngleich selten für das gesamte Staatsgebiet einheitlich durchgeführt.

§ 16. **Die Bodenunebenheiten. Meeresniveau.**

Bisher hat es sich immer um die Darstellung der Punkte ohne Rücksicht auf die dritte Dimension, die Höhe, gehandelt. Die Objekte der Erdoberfläche, von denen die Karte eine Abbildung geben soll, sind jedoch räumliche Größen, d. h. sie haben außer der Längen- und Breitenausdehnung auch noch eine Höhe. In der Karte kann man die Höhe nicht unmittelbar zur Geltung bringen; man gibt von solchen Gebilden eine Ansicht, indem man die Fußpunkte der Lotlinien überträgt, welche man von den erhöhten Punkten auf die ideelle Erdoberfläche gefällt denkt.

Wenn wir sagen, die Erde habe die Gestalt einer Kugel, so geschieht dies im Hinblick auf die Tatsache, daß die Höhe der höchsten Gebirge im Verhältnis zum Halbmesser der Erde verschwindend klein ist. Allein, wenn diese Tatsache an und für sich vollkommen richtig ist, so haben wir Erdbewohner doch mit den Unebenheiten des Bodens bei jeder Gelegenheit, schon bei einem einfachen Spaziergange, zu rechnen, da wir auch bei einem solchen wissen wollen, ob der zurückzulegende Weg eben oder steil ist. Jede Höhe muß aber auf irgend eine Ebene bezogen werden, auf der Kugel aber auf eine Kugelfläche von einem bestimmten Halbmesser, wobei es nötig ist, daß letzterer keine Veränderung erleide. Es ist ferner notwendig, daß Teile dieser ideellen Kugel irgendwo und zwar an möglichst vielen Punkten wirklich sichtbar und zugänglich seien. Allen diesen Bedingungen scheint einzig und allein das Meeresniveau zu entsprechen.

Da die verschiedenen Teile der Weltmeere miteinander in Verbindung stehen, so sollten ihre Oberflächen nach hydrostatischen Gesetzen einander entsprechen oder, besser gesagt, mit einer Kugelfläche zusammenfallen, die man sich rings um die Erde ausgedehnt denken kann. Mit anderen Worten, das Meer sollte überall gleiches Niveau haben. Dies ist aber nicht der Fall, da die Zentrifugalkraft und die ungleichmäßige Verteilung der Massen auf der Erdoberfläche dieses Verhältnis stören. Man bezieht sich daher auf ein mittleres Niveau[1]).

Die ideelle Kugelfläche, auf welche alle Höhen bezogen werden, ist also durch das mittlere Meeresniveau gegeben. Man versteht dann unter absoluter

[1]) Die Veränderungen des Meeresniveaus haben bereits Anlaß gegeben, an die Wahl eines anderen ideellen Niveaus zu denken, auf das alle Höhenmessungen bezogen werden sollten. Preußen hat 1879 den Normal-Nullpunkt (N. N.) für Höhenbestimmungen an die Nordseite der Königl. Sternwarte in Berlin versetzt.

Höhe eines Ortes oder eines Punktes seine vertikale Erhebung über das mittlere Niveau des Meeres. Oft wird aber eine Höhe auf eine beliebige andere Ebene bezogen, z. B. die Höhe eines Berges auf das zunächst darunter liegende flache Land. Dann nennt man die Höhe relativ. Haben mehrere Punkte gleiche absolute Höhe, so sagt man, sie liegen in demselben Niveau. Die Differenz zwischen den Vertikalabständen zweier Höhenpunkte heißt die Überhöhung oder der Niveauunterschied. Unter Höhenknoten endlich versteht man die in Zahlen ausgedrückten und gemessenen absoluten oder relativen Höhen. Kotierte Punkte sind solche, deren Höhen wirklich bestimmt worden sind.

Wie beim Kugelkörper jede Projektion hinter den Anforderungen der Richtigkeit der horizontalen Dimensionen zurückbleibt, so erreicht die beste Zeichnungsmanier nur unvollkommen die Plastik der Natur, selbst bei topographischen Karten großen Maßstabes, die der Zeichnung der charakteristischen Individualität der Erhebungen einigermaßen Platz gewähren. Ebenso wie allein die Darstellung der Erde auf einem Globus allen Anforderungen in bezug auf Flächen- und Winkeltreue genügt, vermag auch nur die Abbildung von Flächenräumen in der Form plastischer Modelle alle Ansprüche auf Ähnlichkeit der Verhältnisse in der dritten Dimension zu befriedigen. Die Konstruktion solcher „Reliefkarten“ oder besser „Reliefmodelle“ soll später besprochen werden.

Die Praxis der Bergzeichnungsmethoden hat sich nur sehr allmählich entwickelt und vervollkommnet. In den ältesten Zeiten begnügte man sich, das Vorhandensein von Gebirgen auf der Karte durch sogenannte sägenartige Segmente (Fig. 63) anzuzeigen. Die ersten Ausgaben des Ptolemäus enthalten derlei Zeichen für die Hochgebirge. Später ging

Fig. 63.

man zur sogenannten **Haufenform** über, indem man die Gebirgszüge als Reihen kleinerer Hügelkuppen darstellte. Letztere Methode erhielt sich im Gebrauch bis zum Beginn unseres Jahrhunderts. Erst für die topographischen Karten der neueren Zeit erfand man Methoden, welche die Erhebungen der Erdoberfläche in möglichst naturwahrer Gestalt bildlich darzustellen gestatteten.

§ 17. Methode der Horizontalschichtenlinien.

Angenommen, wir hätten (Fig. 64) die zwei Kegel A′ und B′, welche gleiche Grundflächen, aber verschiedene Höhen haben, in der Horizontalprojektion darzustellen. Wir können vorläufig annehmen, daß diese Kegel zwei Berge darstellen. Die Horizontalumrisse dieser zwei Körper werden alsdann zwei Kreise A und B sein, die gleichen Radius haben; aber aus dieser Projektion können wir nicht erkennen, welcher der beiden Körper der höhere ist. Denken wir uns aber auf der Höhe eines jeden der beiden Kegel gleiche Teile wie $m'n' = m''n''$ aufgetragen, so wird der höhere Körper mehr solcher Teile aufnehmen als der kleinere, und zwar in unserem Falle der Kegel A′ sieben solche Teile, der Kegel B′ nur vier. Legen wir durch die Teilpunkte Ebenen, welche der Grundfläche parallel sind, so schneiden diese die Mantelflächen der beiden Kegel nach Kreisen, deren Horizontalprojektionen sich mit Hilfe der projizierenden Lote $a_2'a_2$, $a_3'a_3$, ... je als ein System von konzentrischen Kreisen mit dem gemeinschaftlichen Mittelpunkt in der Projektion der Spitze des Kegels ergeben. Sehen wir uns jetzt die bezüglichen Horizontalprojektionen A und B an, so fällt uns auf, daß bei dem höheren Kegel mehr konzentrische Kreise als bei dem niedrigeren vorhanden sind, und, da sie auf gleiche Flächen verteilt sind, daß bei dem höheren Kegel diese Kreise dichter nebeneinander liegen. So erhalten wir

einen ersten Grundsatz für die Beurteilung der Hohen, nämlich: Je mehr konzentrische Kreise vorhanden und je näher diese aneinander liegen, desto höher ist der Körper. Man kann aber weiter gehen und eine Einrichtung treffen, welche gestattet, die Erhebung der beiden Körper über die Ebene aus der Horizontalprojektion unmittelbar abzulesen.

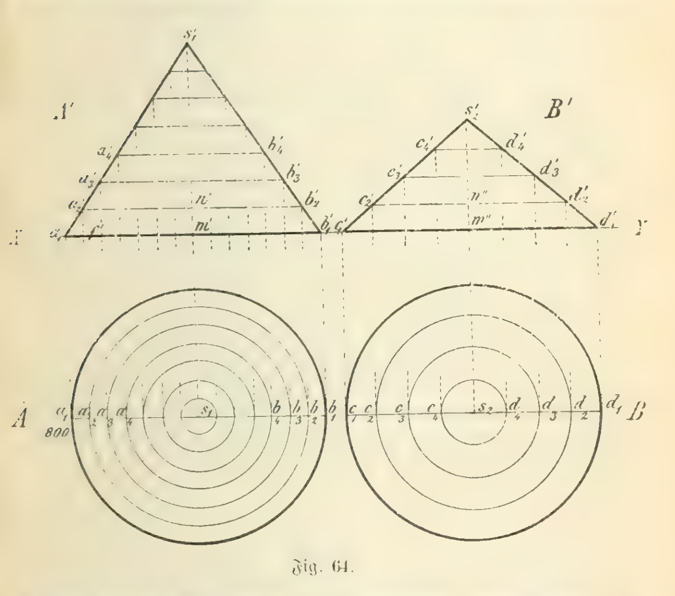


Fig. 64.

Nehmen wir z. B. an, m′ n′ betrage 5 m in der Natur, so können wir aus der Anzahl der konzentrischen Kreise sofort auf die Höhe eines jeden beliebigen Punktes über der Ebene XY schließen. Beim Kegel AA′ z. B. haben wir sieben konzentrische Kreise — denn der Punkt, welcher die Horizontalprojektion des Scheitels darstellt, ist auch als einer

dieser Kreise aufzufassen —; daher ist die Höhe von S_1 gleich $5 \cdot 7 = 35$ m. Steht endlich bei A die Angabe irgend einer absoluten Höhe, z. B. 800 m, so haben wir die absolute Höhe des Punktes $S_1 = 800 \text{ m} + 35 \text{ m} = 835 \text{ m}$; d. h. S_1 liegt 835 m über dem Meeresniveau.

Auf dem vorerwähnten Prinzip beruht die Darstellung des Terrains durch die Horizontalschichtenlinien. Bei der Horizontalschichtenmanier, auch kurzweg Schichtendarstellung genannt, denken wir uns einen Terrainkörper durch eine Anzahl gleichweit voneinander abstehender Horizontalebenen durchschnitten. Bestimmt man auf der Oberfläche des darzustellenden Körpers die Begrenzungslinien dieser Horizontalebenen, so erhält man Linien, die man Horizontalen, Horizontalschichtenlinien, Isohypsen, Niveaukurven oder kurzweg Schichtenlinien nennt. Jener Teil des Körpers, der zwischen zwei solchen Horizontalebenen liegt, also z. B. $a_2' a_1' b_1' b_2'$ (Fig. 64), heißt eine Schicht. Der senkrechte Abstand der zwei Horizontalebenen, wie $m' n' = a_2' f'$, heißt Schichtenhöhe. Die Seitenoberflächen der Schichten, d. h. die verschiedenen Kegelrumpfmäntel, nennt man Schichtenmäntel oder Schichtenböschung. Der Flächenraum, welcher in der Horizontalprojektion von zwei benachbarten Schichtenlinien begrenzt wird, heißt Schichtengürtel.

In Figur 64 stellt $a_1' s_1' b_1'$ die Vertikalprojektion des Schnittes des als Kegel gedachten Berges mit einer durch die Kegelachse gehenden Vertikalebene dar. Man nennt diese zeichnerische Darstellung eines solchen Durchschnittes ein Profil. Wenn es sich um einen Drehungskörper handelt, genügt ein Profil für die Darstellung der Horizontalprojektion. Der Kegel könnte aber an der rückwärtigen, in der Zeichnung unsichtbaren Seite einen Ansatz haben, und dann wäre A nicht mehr die richtige Horizontalprojektion

von A′. Von einer anderen Seite gesehen, könnte der fragliche Körper z. B. wie in Figur 65 gezeichnet aussehen; der obere Vertikalumriß würde dann das Profil von A′ in Figur 65 ersetzen, wenn man sich durch $s_1'm'$ eine Ebene senkrecht zur Vertikalebene gelegt denkt. Teilt man jetzt den Körper in Schichten und projiziert dieselben auf die Horizontalebene, so erhält man eine ganz andere Figur. Ein Profil allein genügt somit nicht für die Darstellung der wahren Gestalt eines Körpers; man muß, wenn es sich um einen unregelmäßigen Körper handelt, mehrere Profile anlegen und die Horizontalprojektionen aller dieser Profile darstellen. Ist z. B. die Unebenheit ABC (Fig. 66) gegeben, so wird man zunächst die Schichtenlinien m′p′, n′q′, o′r′ anlegen und horizontal projizieren. Die Horizontalprojektion des Profils A′B′C′ ist die Linie AC. Projiziert man die Punkte m′, n′, o′, p′, q′, r′, so erhält man die Punkte m,

Fig. 65.

n, o, p, q, r. Diese Punkte genügen nicht, um die Isohypsen auszuziehen, man muß noch andere Profile anlegen. Denken wir uns durch B′D′ eine Ebene senkrecht zur

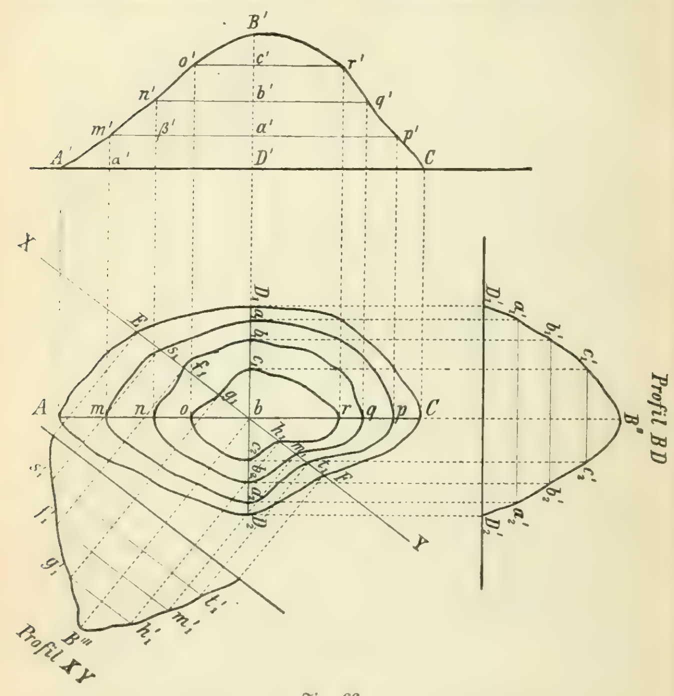


Fig. 66.

Vertikalebene gelegt, so wird die Horizontalprojektion dieses Profils D_1D_2 sein. Es sei $D_1'B''D_2'$ dieses Profil. Projiziert man die Durchschnittspunkte dieses Profils mit $a_1'a_2'$, $b_1'b_2'$, $c_1'c_2'$ auf die Horizontalebene, so ergeben sich in der

Horizontalprojektion auf $D_1 D_2$ die Punkte a_1, b_1, c_1, c_2, b_2, a_2. Denkt man sich ein weiteres Profil angelegt, dessen Horizontalprojektion EF sei, so ergeben sich auf ähnliche Weise die Punkte s_1, f_1, g_1, h_1, m_1, t_1. Nun muß man so viele Profile anlegen und projizieren, bis man in der Horizontalprojektion genügend viele Punkte erhält, die, miteinander verbunden, die Höhen in verschiedenen Punkten und Lagen darstellen, oder mit anderen Worten, bis die Isohypsen durch diese Punkte vollständig bestimmt sind.

Die kleinen Dreiecke $A'm'\alpha'$, $m'n'\beta'$ usw. nennt man Profildreiecke. $m'\alpha'$ oder $n'\beta'$ ist die Schichtenhöhe, $A'\alpha'$ oder $m'\beta'$ die Anlage, $A'm'$ oder $m'n'$ die Böschung und $\sphericalangle \alpha' A' m'$ oder $\beta' m' n'$ endlich der Böschungswinkel. Sind zwei Stücke eines Profildreiecks bekannt, so kann man das dritte durch Rechnung oder Konstruktion ermitteln.

Die Isohypsenkonstruktion geht in der Praxis einfach vor sich. Bei der Aufnahme des Landes wird nicht nur die gegenseitige Lage der Punkte in bezug auf die Horizontalen bestimmt, sondern es werden auch die Höhen über dem Meeresspiegel für einige vorzügliche Objekte gemessen und sodann die Höhenunterschiede von möglichst vielen anderen Punkten in bezug auf diese bestimmt. Aus den Höhenunterschieden dieser Punkte und den absoluten Höhen einiger Normalpunkte bestimmt man die absoluten Höhen aller Punkte, und nun hat man einfach alle erhaltenen Zahlen in die Karte einzutragen. Verbindet man alle Punkte gleicher Höhe, so erhält man die Schichtenlinien.

Bei der Höhenmessung gelegentlich der Aufnahme ist die Wahl der Punkte wichtig. In einer Fläche von gleichmäßiger Neigung genügt die Höhenmessung von drei, nicht in gerader Linie liegenden Punkten, indem eine Ebene durch drei nicht in gerader Linie liegende Punkte bestimmt ist.

Wo aber die Neigung veränderlich ist, müssen mehr Messungen ausgeführt werden. Man nennt die Linie, in welcher eine ebene Fläche von bestimmter Neigung an eine andere von verschiedener Neigung anstößt, die **Brechungslinie**. Und gerade bei dieser Brechungslinie ist eine größere Anzahl von Messungen notwendig. Außer diesen Brechungslinien sind noch die **Linien stärkster Neigung** gegen die Horizontalebene wichtig; dieselben sind durch die Richtung bestimmt, welche das freifließende Wasser nehmen würde. Wo sich die Terrainfläche gleichmäßig krümmt und keine eigentlichen Brechungslinien vorkommen, müssen die Höhenpunkte längs der Linie stärkster Neigung bestimmt werden.

Würde man einfach die Punkte gleicher Höhen durch Schichtenlinien verbinden, so müßte man zu jeder Schichtenlinie ihre entsprechende absolute Höhe dazu schreiben, was eben vermieden werden soll. Statt dessen gibt man die absoluten Höhen von nur einigen Punkten an und verzeichnet die Schichtenlinien für bestimmte Niveauunterschiede, d. h. für bestimmte Schichtenhöhen. Man verbindet z. B., von einer Bergspitze ausgehend, zunächst die um 10 m tiefer gelegenen Punkte, dann die um 20, um 30 m usw. tiefer liegenden durch Isohypsen. Ist dann n die Anzahl Schichtenlinien zwischen zwei Punkten, h die Schichtenhöhe, H die absolute Höhe des einen, H_1 jene des anderen Punktes, so ist allgemein:

$$H_1 = H + n h \quad \text{und} \quad h = \frac{H_1 - H}{n}.$$

Beispiele. 1. Man befindet sich beim Orte A, der 540 m hoch ist, und will nach B gehen. Zwischen A und B liegen 12 Isohypsen, die Schichtenhöhe ist 10 m. Welches ist die Höhe von B? Antwort:

$$540 + 12 \times 10 = 660 \text{ m}.$$

2. Zwischen A und B zählt man 12 Isohypsen. Bei A steht auf der Karte die Zahl 540 m, bei B 660 m. Welches ist die Schichtenhöhe der Karte:

$$h = \frac{660 - 540}{12} = 10 \text{ m}.$$

Gewöhnlich wird die Schichtenhöhe auf den Karten angegeben, sonst bestimmt man sie leicht durch Anwendung des Beispiels 2, indem man die Anzahl Schichtenlinien zählt, welche zwischen zwei Punkten liegen, deren absolute Höhen angegeben sind.

Soll die Höhe eines Punktes ermittelt werden, der nicht genau auf einer Schichtenlinie liegt, so zieht man durch diesen Punkt eine Linie der stärksten Neigung. Diese Linie muß die zwei nächsten Isohypsen unter rechten Winkeln schneiden. Man schätzt dann die Entfernung dieses Punktes von der nächsten Schichtenlinie in Bruchteilen der Schichtenhöhe ab und addiert zur Höhe der tieferen Schichtenlinie den Bruchteil der Schichtenhöhe. Handelt es sich z. B. um die Höhe des Punktes x (Fig. 67), der zwischen den Horizontalen 300 nnd 320 liegt, so zieht man die Linie z u senkrecht auf beide Schichtenlinien aus und bemerkt, daß z x ungefähr $= \frac{1}{4}$ z u ist. Da z u = 20 m ist, so erhält man als gesuchte Höhe von x:

Fig. 67.

$$300 + \frac{1}{4}\, 20 = 305 \text{ m}.$$

Häufig will man den Böschungswinkel kennen, d. h. den Grad der Neigung des Geländes gegen den Horizont. Betrachtet man das Böschungsdreieck $A'm'\alpha'$ (Fig. 66),

in welchem wegen der Kleinheit der Strecken $A'm'$ als gerade Linie angesehen wird, so hat man aus demselben:

$$\operatorname{tg} m'A'\alpha' = \frac{m'\alpha'}{A'\alpha'} = \frac{\text{Schichtenhöhe}}{\text{Anlage}},$$

wobei $m'A'\alpha'$ = Böschungswinkel ist. Macht man in Figur 68 $a\,d$ = Abstand der Schichtenlinie auf der Karte, $d\,c$ = Schichtenhöhe, dann ist:

$$\operatorname{tg} d\,a\,c = \frac{c\,d}{a\,d} = \frac{\text{Schichtenhöhe}}{\text{Anlage}},$$

also ist $\sphericalangle\, d\,a\,c$ = Böschungswinkel.

Jedesmal, wenn wir auf dem bezüglichen Blatte eine Entfernung der Isohypsen bemerken, welche gleich der Strecke $a\,d$ ist, werden wir wissen, daß das Terrain dort einen Böschungswinkel = $d\,a\,c$ hat. Daraus ergibt sich nachstehende einfache Konstruktion eines Maßstabes, mit dem

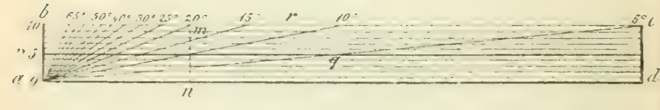


Fig. 68.

man leicht jede Neigung sofort bestimmen kann. Um diesen Maßstab, den sogenannten Böschungsmaßstab, zu erhalten, legt man eine Gerade $a\,d$ (Fig. 68) an und zieht mit Hilfe des Transporteurs die mit 5, 10, 15, ... bis 65 bezeichneten Linien derart, daß sie mit der $a\,d$ bzw. Winkel von 5^0, 10^0, 15^0, ... einschließen. Im Punkte a errichtet man die Linie $a\,b$ senkrecht zu $a\,d$ und macht $a\,b$ gleich der nach dem Kartenmaßstab gemessenen Schichtenhöhe. Ist z. B. die Schichtenhöhe 20 m und der Maßstab der Karte

1 : 40000, so muß man $ab = \frac{1}{2}$ mm machen, denn es ist 20 m = 20000 mm und

$$\frac{20000}{40000}\text{ mm} = \tfrac{1}{2}\text{ mm}.$$

Vom Punkte b aus zieht man bc parallel ad. Die Abstände der Schnittpunkte 5, 10, 15, ... von b sind die Isohypsenabstände, welche dem Neigungswinkel von 5°, 10°, 15°, ... entsprechen, denn es ist z. B. für irgend einen Abstand bm

$$\operatorname{tg} man = \frac{mn}{an} = \frac{\text{Schichtenhöhe}}{\text{Anlage}};$$

also ist:

$$\sphericalangle\, man = \text{Böschungswinkel}.$$

Um die Neigung an irgend einer Stelle der Karte zu bestimmen, nimmt man den Abstand der beiden benachbarten Isohypsen in den Zirkel, setzt die eine Spitze im Punkte b des Maßstabes auf und liest am Begegnungspunkt der anderen Spitze mit der Linie bc die Neigung ab. Stimmt der Abstand mit keinem Teilstrich des Maßstabes direkt überein, so wird der zugehörige Winkel abgeschätzt, wobei der Schätzungsfehler etwa 2° erreichen kann. Trifft z. B. die zweite Zirkelspitze bei r ein, so wird die Neigung auf 13° geschätzt.

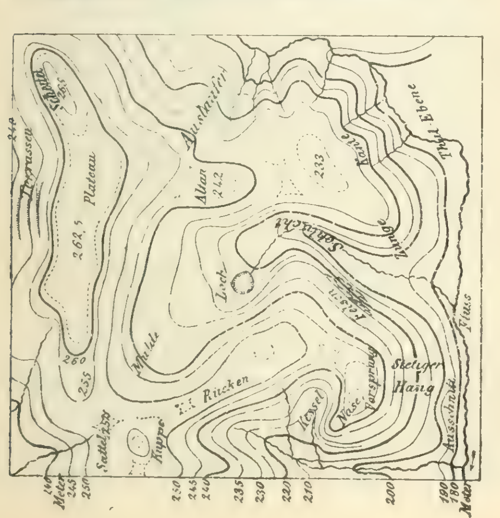
Das Arbeiten mit sehr kleinen Größen fällt zu ungenau aus; man nimmt deshalb für ab einen größeren Betrag, z. B. von 10 mm an, wie dies in unserer Figur geschehen ist, teilt ab in zehn Teile und zieht durch die Teilpunkte Parallelen zur Linie ad. Wegen der Ähnlichkeit der Dreiecke apq und abc hat man dann:

$$ab : aq = bc : pq;$$

ist daher allgemein $ab = n \times ap$, so ist auch $bc = n \times pq$. Ist also das Verhältnis der Schichtenhöhe wegen des Kartenmaßstabes zu klein, so nimmt man die n fache Schichtenentfernung in den Zirkel und setzt die Zirkelspitzen auf jener Horizontalen des Maßstabes an, welche der betreffenden Vielfachen des Verhältnisses entspricht. Ein solcher Maßstab kann für jede beliebige Karte verwendet werden.

Gerade so wie die Höhen auf dem Lande, werden die Tiefen des Meeres und der Seen durch Schichtenlinien angegeben, welche die Punkte gleicher Tiefe unter dem mittleren Niveau verbinden. Diese Linien gleicher Tiefe nennt man Isobathen.

Die Isobathen sind eigentlich die älteren Geschwister in dieser Familie von Kurven, indem sie vor den Isohypsen angewandt wurden, und zwar einmal durch den holländischen Ingenieur Nikolas Samuel Cruquius (1678—1754), der 1729 das Flußbett der Merwede in Linien gleicher Tiefe zeichnete, dann aber von Philippe Buache, der die Tiefen des Englischen Kanals durch Isobathen darstellte. Die bezügliche Karte ist 1737 fertiggestellt und 1752 von der französischen Akademie veröffentlicht worden. Auf derselben sind die Linien gleicher Tiefe punktiert und von 10 zu 10 Faden angegeben. Erst im Laufe der nächstfolgenden Jahrzehnte entwickelten sich die Isohypsen aus den Isobathen. Der französische Ingenieur Millet de Mureau scheint der erste gewesen zu sein, welcher seit dem Jahre 1748 in Festungspläne Höhenangaben aufnahm. Im Jahre 1749 veröffentlichte er eine Abhandlung, in welcher er vorschlug, die Terrainformen durch parallele Linien mit Höhenzahlen auszudrücken. Aber erst im Jahre 1771 legte der französische Ingenieur Du Carla der Pariser Akademie eine Abhandlung vor, welcher der Plan einer imaginären Insel mit Horizontallinien beigegeben war, von denen jede zehnte



a) in Horizontalschichtenlinien nach Lehmann

b) in Vertikalschraffen nach Müffling

Fig. 69. **Geländedarstellung.**

stärker ausgezogen ist. Der Herausgeber dieser Abhandlung, der Ingenieur J. L. Dupain-Triel, veröffentlichte 1791 die erste wirkliche Isohypsenkarte Frankreichs mit begleitendem Text und Profilen.

Die Vorteile der Darstellung des Terrains durch Schichtenlinien sind folgende: Man erkennt sogleich (Fig. 69), ob ein Punkt höher ist als ein anderer und um wieviel, man erkennt sofort die Punkte gleicher Höhe; ferner übersieht man leicht die allgemeine Gestaltung des Terrains. Sind die Isohypsen ziemlich kreisrund, so ist die Steigung auf allen Seiten gleichmäßig. Bildet das Terrain eine lang hingestreckte Kette mit einem geradlinigen Kamm von gleichförmiger Höhe, so erscheint die Kammlinie im Bilde beiderseits von ihr annähernd parallel laufenden Schichtenlinien begleitet; biegen die Schichtenlinien gegen den Bergkörper ein, so ist an jener Stelle eine Schlucht vorhanden, laufen sie vom Bergkörper hinweg, biegen sie also aus, so hat man es mit einem Bergvorsprung zu tun. Sind die Isohypsen sehr dicht, so ist das Terrain sehr steil, um so steiler, je dichter die Linien aneinander liegen. Befinden sich die Schichtenlinien in gleichen Abständen voneinander, so ist die Neigung eine stetige: werden die Abstände von unten nach oben immer größer, so ist die Böschung konvex, im entgegengesetzten Falle konkav.

§ 18. Darstellung der Höhenverhältnisse durch Farben und Schattierung.

Das Ablesen der Höhenverhältnisse aus einer Isohypsenkarte ist zwar einfach genug, erfordert aber immerhin einige Zeit, und das Kartenblatt gewinnt durch dieselben noch kein plastisches Aussehen: ferner wird die Übersichtlichkeit in wenig geneigtem Terrain nicht besonders gefördert. Um letztere Vorzüge zu erhalten, ist verschiedentlich vorgeschlagen

worden, die Höhenverhältnisse durch Farben oder Schattierungen darzustellen. Die nächstliegende Methode ist wohl diejenige der Kolorierung der Karte. Man färbt die verschiedenen Höhenschichten verschieden und bedient sich steigender Töne in einer oder in verschiedenen Farben. Diese Methode wird mit Vorteil in Übersichtskarten von nicht zu großem Maßstabe, von 1 : 100 000 bis 1 : 1 000 000, angewandt. Der österreichische General Franz von Hauslab empfahl, sich bei der Färbung an den Grundsatz zu halten: Je höher, desto dunkler; in dieser Weise bleibt die Verwendung der dunkelsten Töne auf den kleinen Raum der Hochgebirge beschränkt, während das stärker bebaute Flachland, welches notwendig mehr topographische Angaben enthalten muß, hell und somit deutlich lesbar bleibt. E. v. Sydow hielt sich an das entgegengesetzte Prinzip: er begann in der Ebene mit dunklen Farben, welche durch immer hellere Abstufungen bis zum Weiß auf den höchsten Spitzen übergehen. Von der Wirkung der Spektralfarben auf das Auge ausgehend, hat neuerdings Peucker vorgeschlagen, die Farbenreihe des Spektrums für die Höhenschichten anzuwenden in der Weise, daß die kalten blauen und grünen Farben auf den Tiefen von den warmen gelben und roten auf den Höhen gefolgt werden. So sicher wie seine Theorie aber für die Lichtfarben des Spektrums gilt, so unsicher wird sie in ihren praktischen Resultaten angesichts des heutigen Standes der Reproduktionstechnik.

Eine weitere Methode, Übersichtlichkeit zu erzielen, liefert die sogenannte Verwaschungs- oder Laviermanier. Das Verwaschen oder Lavieren beruht auf dem Grundsatz, daß die senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen die Horizontalebene voll beleuchten, die geneigten Flächen aber um so weniger Licht erhalten, je größer ihr Neigungswinkel gegen den Horizont ist. Deshalb müssen also, wenn man sich von

diesem Grundsatze leiten läßt, die Teile der Karte, welche größeren Böschungswinkeln entsprechen, dunkler gehalten werden. Das Verwaschen selbst besteht darin, daß man einen braunen oder grünen Ton mit dem Pinsel aufsetzt, diesen nach den Gegenden abnehmender Neigung hin verwäscht, an den steileren Stellen dagegen mehrfach aufträgt. Eine nach dieser Methode gut gezeichnete Karte wirkt sehr plastisch und läßt die Orte geringerer und stärkerer Neigung sofort erkennen. Diese Art der Geländedarstellung wird bei Militär- und Touristenkarten bevorzugt.

Naheliegend war die Idee, die Terrainkonfiguration durch sogenannte Zwischenisohypsen oder Horizontalschraffen zum Ausdruck zu bringen, wie dies bei den norwegischen Amtskarten im Maßstabe 1 : 200000 geschehen ist. Denkt man sich nämlich den Abstand je zweier Schichtenlinien z. B. in zehn Teile geteilt und durch die Teilpunkte weitere Schichtenlinien — Zwischenisohypsen — geführt, so werden letztere um so näher aneinander liegen, je steiler das Gelände ist, weil in diesem Falle die Isohypsenabstände um so kleiner sind. Blickt man eine solche Karte an, so ruft sie einen ähnlichen Eindruck wie die farbige Schichtenkarte hervor; denn durch das dichtere Zusammentreten der Zwischenisohypsen müssen die steileren Stellen dunkler ausfallen. Man kann, wenn man will, diese Wirkung noch dadurch verstärken, daß man die Schichtenlinien an steileren Stellen stärker auszieht. Allein eine Übersicht und rasche Lesbarkeit wie bei den anderen Methoden können diese Karten, deren Konstruktion im übrigen auch mit mancher Schwierigkeit verbunden ist, vor allen in Gebieten schwacher Neigung nie liefern, und deshalb hat sich die hier beschriebene Manier nur wenig Eingang verschafft.

Am meisten angewandt wird die durch den sächsischen Major Johann George Lehmann (1765—1811) be-

gründete Vertikalschraffenmanier. Auch bei dieser wird vorausgesetzt, daß die Sonne im Scheitelpunkt des darzustellenden Geländes stehe, daß also das Licht senkrecht von oben einfalle und die geneigten Flächen um so weniger beleuchte, je größer ihr Neigungswinkel gegen den Horizont ist. Die Schattierung wird durch Striche — Schraffen — hervorgebracht, welche in der Richtung des größten Falles bzw. in der Richtung der stärksten Neigung gegen die Horizontalebene, d. h. in der Richtung des Wasserablaufes, gezogen werden und stets in gleicher Anzahl einen bestimmten Raum auszufüllen haben. Die Breite der Schraffen und die ihrer anliegenden Zwischenräume stehen für jede Neigung in einem bestimmten Verhältnis. Durch das Einhalten dieses Verhältnisses wird dem Topographen das Mittel geboten, den Böschungsgrad einer Fläche auszudrücken, dem Kartenleser, durch Abschätzen denselben zu erkennen. Man verzichtet hierbei gewöhnlich auf die Darstellung von Terrainflächen von mehr als 45° Neigung, und zwar deshalb, weil solche Böschungen eine Seltenheit sind oder doch nur an Felsen vorkommen, welche meist ungangbar und kulturell oder militärisch unbrauchbar sind. Das von Lehmann aufgestellte Schattierungsgesetz erfordert, daß das Verhältnis von Weiß zu Schwarz auf einem bestimmten Felde für n Grad Neigung wie $(45 - n) : n$ sei. Um Übersicht zu gewinnen, stellte er neun Schattierungsstufen fest, für Winkel von 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°. Ist z. B. die Neigung 30°, so muß das Verhältnis des weißen Zwischenraumes (W) zur Schraffenbreite (S) sein:

$$W : S = (45 - 30) : 30 = 15 : 30 = 3 : 6 .$$

Auf 9 mm Feld mußte also die Schraffe 6 mm breit sein und der weiße Zwischenraum 3 mm betragen. Berechnet man nach obiger Formel diese Verhältnisse für alle Böschungen, so ergibt sich folgende Skala:

Böschungswinkel	W : S	Böschungswinkel	W : S
5° ...	8 : 1	30° ...	3 : 6
10° ...	7 : 2	35° ...	2 : 7
15° ...	6 : 3	40° ...	1 : 8
20° ...	5 : 4	45° ...	0 : 9.
25° ...	4 : 5		

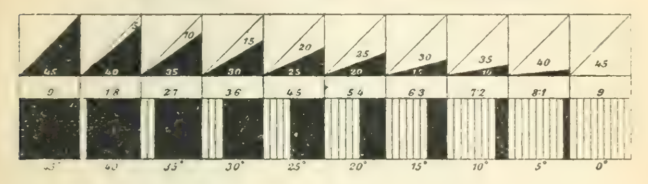
Es nehmen somit nach diesen Verhältniszahlen für Neigungen von 5 Grad nach aufwärts die Schraffenbreiten um je einen Teil zu, die weißen Zwischenräume um je einen Teil ab. Die Ziffernwerte der Skala sind leicht im Gedächtnisse zu behalten, wenn man sich nur die konstante Summe von Schraffenbreite und Zwischenraum gleich 9 merkt. Der Wert für die Schraffenbreite ist gleich dem fünften Teile des Zahlenwertes des Böschungsgrades, jener des weißen Zwischenraumes gleich der Differenz zwischen dem so gefundenen Quotienten und 9. Um z. B. das Verhältnis für 15 Grad Neigung zu finden, hat man $\frac{15}{5} = 3$; die Zahl 3 gibt die Anzahl Teile, die auf die Schraffenbreite entfallen, und die Differenz $9 - 3 = 6$ die Anzahl der Teile ihres Zwischenraumes.

Die Schraffenskala bildet das Alphabet für die Ablesung der Karte; es ist nötig, daß derjenige, der sie zu behandeln hat, einige Übung im Abschätzen besitze.

Manche Versuche von Verbesserungen der Lehmannschen Manier haben das leichtere Erkennen des für militärische Zwecke tauglichen Terrains zum Anhaltspunkt genommen. So riet 1821 General Müffling, die Beleuchtungsgrenze erst bei 50° eintreten zu lassen, und machte außerdem noch die einzelnen Neigungsstufen durch die Gestalt der Striche besser sichtbar; er führte punktierte, geschlängelte und abwechselnd dicke und dünne Striche ein. (S. Fig. 69b u. 70.) Für die Generalstabskarte Deutschlands im Maßstabe 1 : 100 000 kommt eine aus der Lehmannschen und Müffling-

schen kombinierte Stufenleiter zur Anwendung, die namentlich für das Bedürfnis im Flachland noch um eine Stufe für

Schraffirungsverhältniss der Böschungen.



Terrainscala

in Lehmann's *und* *in Müffling's*

Manier.

5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45°

Fig. 70.

1⁰ Neigung vermehrt ist. Bayern und Österreich=Ungarn haben mit Rücksicht auf die Hochgebirge die Skala bis auf 60⁰ bzw. 80⁰ ausgedehnt. Das Verhältnis für Bayern ist

durch die Formel $W:S = (60 - n):n$ bestimmt, wobei die sich ergebenden Zahlen durch 5 abzukürzen sind. Österreich-Ungarn verwendet die Formel

$$W:S = [80 - (n + 3)]:(n + 3) .$$

Nach diesen beiden Formeln erhält man die Skalen:

	für Bayern W : S	für Österreich W : S
für 5°	11 : 1	72 : 8
10°	10 : 2	67 : 13
15°	9 : 3	62 : 18
20°	8 : 4	57 : 23
25°	7 : 5	52 : 28
30°	6 : 6	47 : 33
35°	5 : 7	42 : 38
40°	4 : 8	37 : 43
45°	3 : 9	32 : 48
50°	2 : 10	27 : 53
55°	1 : 11	22 : 58
60°	0 : 12	17 : 63
65⁹		12 : 68
70°		7 : 73
75⁹		2 : 78
77°		0 : 80

Müffling schlug vor, alle diese Skalen auf das Dezimalsystem zu begründen, welches Verfahren jedoch noch keine Anwendung gefunden hat.

Bisher war von dem Verhältnis der Schraffenbreiten zu ihren Zwischenräumen die Rede, nun ist aber auch die absolute Breite der Schraffen zu bestimmen. Hier gilt als Grundsatz: Je kleiner der Maßstab der Karte, desto geringer die Breite der Schraffen und ihrer Zwischenräume, desto größer also die Anzahl der Striche auf einen Zentimeter.

Bei der preußischen Landesaufnahme kommen bei Zeichnungen im Maßstabe von

1: 12500	. .	18	Striche auf	1 cm
1: 25000	. .	20	„ „	1 „
1: 50000	. .	26	„ „	1 „
1:100000	. .	34	„ „	1 „

Die Schraffenlänge richtet sich nach dem Böschungswinkel: je kleiner letzterer ist, desto länger ist die Schraffe. Denkt man sich in Figur 71 auch die Schichtenlinien a, b, c, d, e ausgezogen, so muß der mit dem Abstand a b am Böschungsmaßstab abgelesene Böschungswinkel derselbe sein wie derjenige, welcher der eingetragenen Schraffenbreite entspricht. Daraus folgt der Grundsatz: Die Schraffen müssen von einer zur anderen der auf dem Blatte ausgezogen gedachten Schichtenlinien reichen. Um also eine Karte zu schraffieren, muß man zuerst die Schichtenlinien mit Blei ausziehen, die Schraffenlinien von Linie zu Linie ausziehen und nach vollführter Schraffierung erstere wegnehmen. Die Schraffenmanier beruht also auf der Schichtenmanier, da die Schraffen nach den Richtungen stärkster Neigung gegen die Horizontalebene, also senkrecht auf den Schichtenlinien stehen müssen.

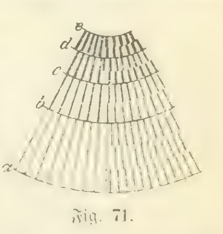


Fig. 71.

Nur kurz sei hier noch der Schraffenmanier bei schiefer Beleuchtung Erwähnung getan, die früher üblich war und besonders in Frankreich und in Italien zur Anwendung kam. Hierbei wird das Lehmannsche Prinzip der Schraffierung beibehalten, aber man denkt sich die Sonnenstrahlen nicht senkrecht, sondern unter 45° Neigung aus Nordwesten einfallend, so daß die Schattentiefe nicht nur von der Neigung, sondern auch von der Orientierung des darzustellenden Terrains abhängt. Da man aber meist noch die Forderung stellte, daß Horizontalebenen weiß bleiben, dagegen nach

Nordwesten gekehrte Abhänge von 45° Neigung in der Karte nicht ganz weiß gelassen werden sollen, so forderte jene Manier Ausnahmen, die mehr oder weniger der Willkür des Zeichners freigegeben sind und die Strenge der Darstellung in Frage stellen. Man hatte daher diese Methode schon aufgegeben, als F. H. Dufour sie für die Karte der Schweiz im Maßstab von 1:100000, seinerzeit das vollendetste kartographische Kunstwerk, wieder anwandte. Nicht zu übersehen ist allerdings, daß die plastische Wirkung dieser Geländedarstellung durch zwei wesentliche Fehler erkauft ist: die nach Süden und Osten errichteten Berghänge erscheinen steiler als die nördlichen und westlichen. Sodann bieten die in Wirklichkeit sonnigen Süd- und Ostabhänge ein finsteres und unfreundliches Bild, die in Wahrheit im Schatten liegende Nord- und Westseite der Berge dagegen stellt sich hell und freundlich dar! In neuerer Zeit (1878) ist die Schraffenmanier bei schiefer Beleuchtung durch H. Wiechel mathematisch streng behandelt worden, und die Methode geht einer gewissen Zukunft entgegen, indem sie in Verbindung mit Isohypsen für alpine Bergformen das denkbar Beste bietet. In Fortentwicklung der Dufourschen sogenannten Reliefkarten haben schon in den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts die Schweizer Isohypsenkarten mit Schummerung in schiefer Beleuchtung entworfen. Die damaligen Karten wurden anfangs bloß mit einer Gebirgsfarbe ausgeführt, heutzutage sind daraus kunstgerechte vielfarbige Gemälde geworden, die in Segantinischer Manier gemalt sind. Die beste und größte Leistung dieser Schule ist die Eidgenössische Schulwandkarte der Schweiz, worin das Gebirge von Kümmerly gemalt ist. Diese Karte verwirklicht zugleich Tendenzen Peuckers. Nämlich die Farbenfolge dieser Karte ist in dessen Sinne entworfen, obgleich sie unabhängig von ihm aus ganz

anderen Studien und zu ganz anderen Zielen hervorgegangen ist.

§ 19. **Vereinigung von Schichtenlinien und Schraffen.**

Schichtenkarten haben den Vorteil, daß man sie rasch und leicht ablesen kann, und daß man aus ihnen die Geländeformen bei geringem Abstande der Schichtenlinien leicht erkennt. Dagegen haben sie den Nachteil, daß bei größerem Abstande der einzelnen Schichtenlinien die Auffassung des Geländes eine viel schwierigere sein wird, und daß einzelne Geländeformen und Abstufungen nicht klar zum Ausdruck kommen; bei der Darstellung ganzer Länder treten die Nachteile der Schichtenmanier noch mehr zum Vorschein.

Dagegen ist die genaue Ausführung wie die Ablesung der schraffierten Karten nicht eben so einfach. Ist es nämlich schon für den Zeichner schwierig, das genaue Verhältnis der Schraffenbreiten zu ihren Zwischenräumen für die verschiedenen Böschungswinkel einzuhalten, so ist es für den Leser noch schwieriger, dieses Verhältnis und damit die Neigung des Geländes sicher zu erkennen. Dafür bietet die Schraffenmanier den Vorteil, daß sie in jedem Verjüngungsverhältnisse anwendbar ist, selbst die kleinsten mit dem Maßstabe verträglichen Formen deutlich ausdrückt und im ganzen ein plastisches, leicht faßliches Geländebild liefert.

In Ansehung der Vor- und Nachteile dieser Methoden hat man daran gedacht, sie zu vereinigen, woraus die kombinierte Geländedarstellungsweise entstand. Dieselbe besteht darin, daß man Schichtenlinien und Schraffen einzeichnet (Fig. 71): erstere erleichtern das Ablesen, letztere helfen der unmittelbaren Vorstellung nach. Schraffen und Horizontalen bestimmen ihre Lage gegenseitig, indem sie sich nur unter rechten Winkeln schneiden können. Beim Eintragen der Schraffen werden letztere nicht, wie die linke

Seite der Figur 71 zeigt, von Schichtenlinie zu Schichtenlinie verlängert, da bei zunehmender Divergenz der Schraffen das Verhältnis von Schraffenbreite zu Zwischenraum sich ändert, also unrichtig wird. Man legt deshalb Zwischenschichtenlinien ein und zeichnet zwischen denselben die den betreffenden Böschungen entsprechenden Vertikalschraffen ein, wie die rechte Seite von Figur 71 zeigt.

Vorgeworfen wird dieser Methode, daß die Karten überfüllt aussehen und die Schichtenlinien häufig Verwechslungen mit den Kultur- und Kommunikationslinien verursachen. Man hilft aber der Übersicht, indem man Haupt-, Zwischen- und Hilfsschichtenlinien einführt. Die Hauptschichtenlinien beziehen sich auf Höhenunterschiede von 50 oder 100 m, die Zwischenschichtenlinien auf Höhenunterschiede von 10 oder 20 m, die Hilfsschichtenlinien endlich auf Äquidistanten von 5 oder 10 m; erstere zieht man breiter und stärker, die Zwischenlinien feiner, die Hilfslinien am feinsten aus. Überdies werden die Zwischen- und Hilfslinien nur dort ausgezogen, wo es der besseren Lesbarkeit wegen zweckmäßig erscheint. Figur 69a zeigt eine derartige Darstellung; in derselben sind die Vertikalabstände der Hauptschichtenlinien, je 20 m, geteilt durch Zwischenschichtenlinien von je 10 m Abstand (erstere stärker als letztere). Eine weitere Teilung kann durch Normalschichtenlinien von je 5 m (gerissene Linie), oder nach Bedarf durch Hilfsschichtenlinien von 2,5 eventuell 1,25 m Abstand (kurz gestrichelt) hergestellt werden.

§ 20. Reliefkarten.

Keine Zeichnung, kein Entwurf wird die Gestalt des Bodens so klar und deutlich zur Anschauung bringen als die sogenannten Reliefkarten oder besser Reliefmodelle. Die Reliefkarten entstanden in der Schweiz, deren großartige Gebirgswelt zur Herstellung solcher Modelle

gewissermaßen aufforderte; die erste Reliefkarte lieferte der General Franz Ludwig Pfyffer aus Luzern in den Jahren 1766—1785, und zwar in Wachs. Man kann aber dazu auch Pappe, Gips, Lehm usw. verwenden.

Die Konstruktion der Reliefkarten beruht auf dem Vorhandensein eines Schichtenplanes. Man kann alsdann die Schichtenlinien z. B. auf Pappe aufzeichnen, ausschneiden und übereinanderlegen, wobei die einzelnen Pappelagen die Dicke der entsprechenden Schichtenhöhen haben müssen[1]). Will man dagegen ein solches Modell aus Lehm anfertigen, so muß man zunächst den Schichtenplan auf ein glattgehobeltes Brett zeichnen oder die Karte selbst auf ein solches Brett aufkleben. Nun bohrt man überall dort, wo ein Böschungswechsel eintritt, senkrechte Löcher ein, in die man kleine Holz- oder Drahtstäbchen senkrecht einsteckt; diese Stäbchen müssen über das Brett genau so weit hervorragen, als die Höhe der bezüglichen Punkte im gegebenen Verjüngungsmaß beträgt. Die Zwischenräume werden sodann bis nahe zur Höhe der Stäbchen mit Lehm (Wachs, Glaserkitt usw.) ausgefüllt und hierauf die Oberfläche des Modells dem vorliegenden Plane entsprechend geformt.

Bei den Pappereliefs bleiben die Schichten sichtbar; man kann sie aber verschwinden machen, wenn man das Modell mit gefärbtem Wachse überzieht und mit erwärmtem Streusand überstreut oder auch mit Deckfarbe übertüncht[2]).

---

[1]) Als eine gute Anleitung zum Verständnis des Zusammenhanges zwischen Kurvenzeichnungen und Kurvenreliefs sind die im Verlage von Schmid & Francke in Bern erschienenen „Kurvenreliefs von R. Leuzinger, Schlüssel zum Verständnis der Kurvenkarten. 15 Reliefdarstellungen mit Textblatt von Prof Becker, 1893" zu empfehlen. Man sieht an diesen kleinen Reliefmodellen, welche Bergformen von den einfachsten bis zu den großartigen des Hochgebirges darstellen, recht deutlich die oben angedeutete Herstellungsart.

[2]) Bei Anfertigung der Reliefmodelle hat man früher einen großen Fehler gemacht. Bekanntlich erscheinen unserem Auge alle Böschungen viel steiler, als dieselben in Wirklichkeit sind. Ursache dieser Täuschung ist der Umstand, daß wir die Ausdehnung nach der Höhe in natürlicher Größe, die

Dritter Teil.
Der Kartenentwurf.

Siebentes Kapitel.

Über die Auswahl der Projektionen.

Beim Entwerfen einer Karte muß man sich zunächst über die Ausdehnung des darzustellenden Gebietes klar sein. Zu diesem Zwecke umgrenzt man sich dieses entweder auf einer vorhandenen Karte, oder man entwirft z. B. in rechteckiger Plattkartenprojektion eine Skizze. An Hand dieses Rahmens wird die für das Gebiet passende Projektion ausgewählt.

Hierbei ist zu erwägen, wie weit die Genauigkeit einer Karte überhaupt reicht. In großen Maßstäben, wie in 1 : 25000 bis 1 : 50000, können manche Häuser noch im richtigen Größenverhältnis aufgetragen werden. Eine Chaussee von etwa 1 mm Breite, wie sie auf den Generalstabskarten 1 : 100000 gezeichnet ist, würde in der Natur aber

horizontale Erstreckung dagegen in bedeutender Verkürzung sehen. Führte man nun die Reliefs im gleichen Maßstab für die Grundzeichnung und die Höhen aus, so war man, zumal bei Darstellungen in kleinem Maßstab, von der Flachheit derselben unangenehm überrascht, die zu dem Anblick in der Natur wenig zu passen schien. Um dem vermeintlichen Übelstand zu steuern und eine „plastischere Wirkung" zu erzielen, führte man die *Überhöhung* ein, d. h. man vergrößerte den Maßstab für die Höhe gegenüber dem Maßstab der Grundzeichnung und stellte z. B. bei einem Maßstab der letzteren von 1 : 10000 die Höhen im Maßstab 1 : 1000 dar. Freilich erhielt man damit ein völlig unrichtiges Bild des Geländes. Die Anwendung der Überhöhung ist somit als irreführend strengstens zu verwerfen. Andererseits müssen Reliefs, um lehrreich zu sein, stets in sehr großem Maßstab ausgeführt sein. Hieraus folgt aber, daß schöne Reliefs nur für kleinere Gebiete herzustellen sind und auch diese Modelle wegen ihres bedeutenden Umfangs nur in großen Schausammlungen, nicht aber für den Schulunterricht zu benützen sind. Auch auf diesem Gebiet hat die Schweiz neuerdings durch prachtvolle und naturgetreue Reliefs ihrer Hochgebirgslandschaften Vorzügliches geleistet.

100000 mm = 100 m breit sein, d. h. die Objekte sind auf diesen Karten bereits übertrieben groß dargestellt. Je größer **ein** solches Objekt aber gezeichnet wird, um gut kenntlich und lesbar zu erscheinen, desto weniger Platz bleibt auf der Karte für andere Objekte, die minder wichtigen müssen also ausgeschieden werden. Wird der Maßstab noch kleiner, so wird die Übertreibung um so größer. Dann verschwinden aber auch Fehler, die im verwendeten Material liegen. Die kartographische Darstellung des größten Teiles der festen Erdrinde, selbst großer Teile Europas, beruht heute noch auf ziemlich flüchtigen sogenannten „Routenaufnahmen", die mit Hilfe von Kompaß und Uhr oder des Schrittzählers ausgeführt werden. Dazu existieren von den so topographierten Gebieten noch astronomische Ortsbestimmungen, deren absolute Genauigkeit sich leider selten genug über 5 km erhebt. Und doch bilden diese oft noch ziemlich spärlichen Bestimmungen die Fixpunkte der Karten, in welche die Routenaufnahmen hineingepaßt werden. Der Fehler von 5 km verschwindet in den landläufigen Darstellungen jener Gebiete fast vollständig. Im Maßstab 1 : 10000000 beträgt er 2 mm und ist kaum merkbar, weil benachbarte Gebiete ähnliche Fehler aufweisen, so daß der relative Fehler gegenüber der nächsten Umgebung eines solchen Fixpunktes fast unmeßbar klein ist. — Zu diesen Fehlern kommen die Unsicherheiten beim Zeichnen selbst, die unvermeidbar sind. Im allgemeinen kann dieser persönliche Fehler 0,2—0,3 mm ausmachen. Berücksichtigt man ferner noch die Mängel der Übertragung der Zeichnung für die Reproduktion und vor allem die Fehler, die durch das Verziehen des Papiers infolge Temperaturwechsels und beim Druck entstehen, so würde die Gesamtsumme aller Fehler z. B. beim Kupferdruck großer Formate über 1 cm betragen, wenn nicht ein Teil davon sich gegenseitig aufhöbe. Ein anderer Teil ist erst

beim Messen weit voneinander entfernter Punkte bemerkbar, er entzieht sich also meist der Beobachtung. Die landläufigen Karten, die in Lithographie ausgeführt sind, mögen im allgemeinen mit einer Unsicherheit von 0,7—1 mm behaftet sein. Bei Wandkarten kann der Fehler je nach Maßstab und Größenübertreibung der dargestellten Objekte etwa 1 cm betragen. Seekarten großen Formates erfahren beim Kupferdruck eine allseitige Dehnung des Rahmens von 1—1,5 cm, meist ist dabei die Achse des Papieres, die der Bewegungsrichtung durch die Druckpresse entspricht, außerdem noch um 6—10 mm gedehnt. Auf den in Kupferdruck ausgeführten Karten des Deutschen Reiches 1 : 100 000 ist die eine Achse meist 6 mm größer, die andere 2 mm kleiner, als sie sein sollte. Es ist also nicht allein der Maßstab größer als der auf der Karte verzeichnete, sondern eine Achse hat obendrein einen anderen Maßstab als die senkrecht darauf stehende.

Wenn also die Karten mit solchen verhältnismäßig großen Fehlern behaftet sind, so hat es keinen Zweck, Projektionen anzuwenden, deren Vorteile in der Karte nicht meßbar sind. Wählt man demnach den günstigsten Entwurf für das darzustellende Gebiet aus, so ist die einfachste Projektion die zweckmäßigste, sobald ihre Längenverzerrungen, mit denen der anderen in Betracht kommenden Projektionen verglichen, innerhalb der obengenannten Fehlerbeträge bleiben.

Man wird also die größten Strecken des darzustellenden Gebietes auf dem Globus mit denen auf der Karte in den verschiedenen geeigneten Projektionen vergleichen.

Bezeichnen wir eine solche Strecke auf dem Globus mit arcus, den Maßstab der Karte mit $\frac{1}{M}$ und mit f das jeweilige Gesetz der Projektion, nach dem man diese Strecke vom Kartenmittelpunkt aus auftragen muß, um Flächentreue, Winkeltreue oder Mittabstandstreue zu erreichen, so ist die

flächentreue Projektion praktisch gleich der winkeltreuen und gleich der mittabstandstreuen und gleich dem Globusausschnitt, sobald

$$\text{arcus} \cdot \frac{1}{M} - f \cdot \frac{1}{M}$$

kleiner als obengenannte Fehlergröße ist[1]).

Um dies an einem Beispiel zu erläutern, sei die Forderung aufgestellt, ein Gradfeld zwischen 50° und 51° Breite solle im Maßstabe 1 : 100 000 dargestellt werden. Bei Annahme eines mittleren Erdradius R von 6370 km ist der Abstand der beiden südlichen Ecken vom Kartenmittelpunkt im Maßstabe 1 : 100 000 auf dem Globus = 663,04 mm [= 0° 35′ 35″ sphärischer Abstand, der nach oben Gesagtem mit arcus bezeichnet wird[2])]. Der Einfachheit halber seien hier azimutale Entwürfe zum Vergleiche herangezogen.

Für die mittabstandstreue azimutale Projektion ist

$$f = \text{arcus} \cdot \frac{1}{M} = 663{,}04 \text{ mm},$$

für die winkeltreue azimutale Projektion ist

$$f = 2\,R\,\text{tg}\frac{\text{arcus}}{2} \cdot \frac{1}{M}\,^{3)} = 659{,}34 \text{ mm},$$

für die flächentreue azimutale Projektion ist

$$f = 2\,R\sin\frac{\text{arcus}}{2} \cdot \frac{1}{M}\,^{4)} = 659{,}33 \text{ mm},$$

für die gnomonische azimutale Projektion ist

$$f = R \cdot \text{tg}\,\text{arcus} \cdot \frac{1}{M}\,^{5)} = 659{,}37 \text{ mm}.$$

---

1) Diese Formel entnehme ich einem Kolleg von Prof. Penck i. J. 1901.
2) Dieser Abstand ist nach dem sphärischen Kosinussatz zu berechnen.
3) Nach S. 95, Z. 4 v. o., das α dort entspricht dem arcus hier.
4) Wenn die Bildebene wie auf S. 53 Figur a liegt.
5) Nach S. 59.

Wie aus diesen Zahlen ersichtlich, ist also für den angenommenen Fall die winkeltreue azimutale Projektion gleich der flächentreuen und gleich der gnomonischen. Längenmessungen von der Kartenmitte aus würden auf ihnen einen Maximalfehler von 3,7 mm aufweisen (also um 0,56% fehlerhaft sein).

In diesem Falle wäre sogar noch ein Gradnetz zulässig, das, nach Art der Kegelprojektion abgeleitet, längentreue Randparallelen und -meridiane aufweist. Aus der Konstruktion eines solchen im gleichen Maßstabe ergibt sich arcus = 660,8 mm. Das ist gegenüber den obenerwähnten azimutalen Entwürfen nur ein Fehler von 1,5 mm, ein Betrag, der nur wenig über die unvermeidliche Unsicherheit der Kartenzeichnung hinausgeht. Auf Kupferdruckkarten könnte dieser Fehler unbedingt vernachlässigt werden.

Im Maßstabe 1 : 500000 reduzieren sich die größten Differenzen der fünf genannten Projektionen auf 0,7 mm. Die Kegelprojektion wäre als die einfachste zu wählen, sie wäre für das darzustellende Eingradfeld flächentreu, winkeltreu und mittabstandstreu. Da ihre Randmeridiane und -parallelen längentreu sind, so wäre sie auch längentreu in allen Teilen, also ein ebener Ausschnitt aus dem Globus im gleichen Maßstabe. Eine solche Projektion ist die preußische Polyederprojektion. Wenn man eine Projektion für ein Gebiet auswählt, so muß man jeweilig die obige Formel einsetzen — natürlich den Eigenschaften der Projektionen entsprechend modifiziert — und muß die verschiedenen in Betracht kommenden Entwürfe miteinander vergleichen.

In kleinen Maßstäben kann bei der Abbildung größerer Gebiete wegen der kugelförmigen Gestalt der Erde immer nur entweder Flächen- oder Winkel- oder Mittabstandstreue erzielt werden (die Längentreue ist meist nur

auf wenigen Linien des Gradnetzes zu erreichen). Das Streben beim Kartenentwurf geht nun dahin, unter Voranstellung einer dieser drei Eigenschaften die unvermeidlichen Verzerrungen der anderen zwei möglichst klein zu gestalten[1]).

Die Anzahl der existierenden Entwürfe reduziert sich in der Praxis auf einige wenige, die sehr häufig angewendet werden. Wenn wir von der Polyederprojektion absehen, die allen Bedingungen gerecht wird, so verdienen von den flächentreuen Projektionen aus praktischen oder theoretischen Gründen verwendet zu werden: 1. Bonnes Projektion, 2. Sanson-Flamsteeds Projektion, 3. Mollweides Projektion, 4. Lamberts flächentreue Zylinderprojektion, 5. Lamberts und Albers' Kegelprojektion, 6. Lamberts azimutale Projektion, 7. Hammers Planisphäre; davon sind Nr. 1—4 praktisch bequem, 5—7 ergeben günstigere Verzerrungsverhältnisse bei umständlicherer Rechnung und Konstruktion.

Von den winkeltreuen Projektionen verdienen hier Erwähnung nur die Mercator- und die stereographische Projektion[2]). Zur Erreichung von Mittabstandstreue sind besonders wichtig die azimutale und die Stab-Wernersche Projektion. Für seltene Spezialzwecke kommen noch die orthographische und die zentrale Projektion zur Verwendung. Zu kleinen Maßstäben und für Skizzen sind auch noch die einfache Kegelprojektion mit zwei längentreuen Parallelen und die rechteckige Plattkarte zu benutzen.

Was die Mehrzahl der anderen hier nicht aufgeführten Projektionen anbetrifft, so wird man meist nur wenig fehl gehen, wenn man ihre Verwendung mehr der Unkenntnis von deren Eigenschaften zuschreibt.

Flächentreue Länderkarten. Meist wird Flächentreue gefordert bei möglichst weitgehender Längentreue

---

[1]) In dem Werke von Tissot sind die bei den verschiedenen Entwürfen entstehenden Verzerrungen tabellarisch aufgeführt.

[2]) In Debes' Handatlas sind auch noch andere winkeltreue Entwürfe verwendet, ich glaube jedoch nicht, daß diese sich einbürgern werden.

(d. h. Längentreue auf möglichst vielen Linien der Karte). Letztere läßt sich nur auf einigen Linien des Gradnetzes erreichen, ihr verdanken aber die Kegelprojektionen und ihre flächentreuen Abwandlungen, die Bonnesche und die Sanson-Flamsteedsche Projektion ihre häufige Anwendung, da auf ihnen die Parallelen und deren Abstände voneinander in ihren wahren Größen aufgetragen sind. Stellen wir die Flächentreue als Forderung voran, so müssen die Linie oder die Linien des Gradnetzes, die längentreu abgebildet werden, sich der Längserstreckung des darzustellenden Gebietes anschmiegen, und danach bestimmt sich die Wahl der Projektion, natürlich immer unter Benutzung der oben erwähnten Formel. Ist das Gebiet in der Richtung des Meridians gestreckt, so kommen flächentreue Entwürfe in Frage, die den Meridian längentreu abbilden, also etwa Bonne, Sanson-Flamsteed. Ist die Längserstreckung ostwestlich, so kann nur ein Entwurf gewählt werden, der den Mittelparallel oder zwei oder mehr Parallelen längentreu abbildet, also eine Kegelprojektion oder eine ihrer Modifikationen.

Hat ein Gebiet keine Längsachse, sondern ist es annähernd in einem Kreise eingeschlossen, so kann die Lambertsche azimutale flächentreue Projektion gewählt werden, die dann die geringsten Winkelveränderungen aufweist. Da in dieser Projektion außer dem Mittelmeridian keine geradlinigen Meridiane vorkommen, so wird besonders bei Mehrblattkarten aus praktischen Gründen eine flächentreue Kegelprojektion mit zwei längentreuen Parallelen (Albers) vorzuziehen sein.

Ist die Längsachse eines Gebietes diagonal zu Parallelen und Meridianen angeordnet, so wählt man mit Vorteil eine quer angewendete abwickelbare Projektion. Die Achse des abzuwickelnden Körpers fällt dann nicht mehr mit der Erd-

achse zusammen, sondern etwa mit einem verlängerten Äquatorialradius, wobei die Linie des Kegel- oder Zylindermantels, welche die Erde berührt, mit der Längsachse des darzustellenden Gebietes sich deckt.

Flächentreue Erdteilkarten. Die Erdteile sind so groß, daß man bei Flächentreue längentreu abgebildete Linien nicht mehr erhalten kann, vorausgesetzt, daß man gleichzeitig auf Projektionen verzichten will, die für diese Gebiete arge Verzerrungen liefern, wie z. B. die von Bonne, Sanson-Flamsteed. Für Europa und Australien können allerdings bei kleinen Maßstäben noch flächentreue Kegelprojektionen, wie z. B. die von Albers, angewendet werden, da ihre Nord-Süderstreckung verhältnismäßig klein ist. Für die übrigen Erdteile kommen jedoch nur noch Lamberts azimutale Projektion oder quer angewendete Projektionen auf abwickelbare Flächen in Frage.

Flächentreue Planigloben und Erdkarten. Für Planigloben kommt nur Lamberts azimutale flächentreue Projektion in Betracht, für Erdkarten kann Hammers Planisphäre mit Vorteil angewendet werden. Da die Vergleichung von Orten unter gleicher Breitenlage in der Geographie eine große Rolle spielt, so sollten doch die Entwürfe bevorzugt werden, die geradlinige Parallelen aufweisen, selbst wenn die Verzerrung dabei etwas größer sein sollte. Diese Erwägung hat Eckert dazu geführt, flächentreue Entwürfe mit geradlinigen Parallelen zu ersinnen; leider sind die Pole darauf zu Parallelen von halber Äquatorlänge ausgezogen, und das scheint doch bei aller Anerkennung der günstigen Verzerrungsverhältnisse in mittleren Breiten kein Fortschritt. Für flächentreue Planigloben und Erdkarten mit geradlinigen Parallelen ist dann die homolographische Projektion trotz etwas größerer Verzerrungen besser, und sie sollte dieser Vorzüge wegen häufiger angewendet werden.

Schon mehrfach wurde der Vorschlag gemacht, eine Erdhalbkugel auf einer schräg zur Erdachse angeordneten abwickelbaren Kegelspitze abzubilden. Obgleich ein solcher Entwurf günstige Verzerrungsverhältnisse bietet, so ist die Praxis doch andere Wege gewandelt, weil sich dabei im Kartenbilde ein dreieckiger Schlitz ergibt, der in der Natur nebeneinandergehörige Gebiete trennt. Ein solches Kartenmonstrum könnte den Laien nur verwirren.

Winkeltreue Entwürfe werden im allgemeinen nur für marine Zwecke gebraucht, und da ist der beste die Mercatorprojektion wegen ihrer einfachen Konstruktion und vor allem weil sie gestattet, die Loxodromen geradlinig aufzutragen. Handelt es sich darum, Erdteile oder Planigloben winkeltreu zu entwerfen und die dabei unvermeidlichen Flächenveränderungen auf ein Minimum zu reduzieren, so bleibt nur die stereographische Projektion übrig, doch ist es bei ihr nicht möglich, die Loxodrome geradlinig aufzutragen. Für sogenannte „Erd"-Karten hat sich die Mercatorprojektion seit Beginn des 19. Jahrhunderts eingebürgert und wird sich wohl auch wegen der Geradlinigkeit ihres Gradnetzes behaupten. Sie gestattet den Vergleich von Objekten in gleichen Breitenlagen und gibt uns im einzelnen überall die uns vertrauten Länderumrisse wieder, während die Landflächen auf flächentreuen Entwürfen meist arg verschoben sind. Außerdem kann sie praktisch sehr leicht und vielseitig verwendet werden zu Ausschnitten (sogenannten Umdrucken), was wohl auch mit zu ihrer häufigen Anwendung beigetragen hat. Natürlich darf sie nur für „Erd"-Karten angewendet werden, auf denen Punkte und Linien (also nicht Flächen) zur Eintragung gelangen.

Orthodromische Karten, d. h. Karten, die die Orthodromen (größte Kugelkreise) als gerade Linien wiedergeben,

können nur in zentraler Projektion entworfen werden, wenn nicht nach oben Gesagtem ein anderer Entwurf bei großem Maßstab und kleinem darzustellenden Gebiet diese Forderung praktisch miterfüllt.

Mittabstandstreue Karten werden öfters zu Spezialarbeiten gebraucht, um die Entfernungen von einem Verkehrszentrum aus vergleichbar aufzutragen. Hierfür wird meist der äquidistante azimutale Entwurf genügen, bei Planigloben und Erddarstellungen sind eventuell die entsprechenden Sternkartenentwürfe und die Stab-Wernersche herzförmige Projektion brauchbar, besonders letztere, da sie gleichzeitig flächentreu ist.

Vermittelnde Entwürfe. Es gibt nun noch eine Unzahl von vermittelnden Entwürfen. So kann z. B. aus den Darstellungsformeln der flächentreuen und der winkeltreuen azimutalen Projektion das Mittel gezogen werden. Die so entstandene neue Formel ergibt dann eine Projektion, die weder flächen- noch winkeltreu ist. Mit manchen dieser vermittelnden Projektionen sind ganz angenehm wirkende Bilder zu erzielen. Da sie jedoch keine der oben aufgestellten Forderungen erfüllen, so ist nicht recht einzusehen, warum sie heute noch verwendet werden, zumal gute Entwürfe zu den verschiedensten Zwecken zur Verfügung stehen.

Der Praktiker ist in vielen Fällen aus materiellen Gründen gezwungen, wegen der schnellen und damit billigen Herstellung die alten Bonneschen und Sanson-Flamsteedschen Entwürfe, sowie die gewöhnliche Kegelprojektion zu verwenden. Für große wertvolle Karten und Atlanten jedoch sollten bessere und allerdings auch kostspieligere Entwürfe gewählt werden. Hierbei verdient vor allem die Alberssche Kegelprojektion ihrer geradlinigen Meridiane wegen besonders häufig für Länderkarten angewendet zu werden, denn sie gestattet das Ausschneiden und Wiederverwenden von Umdrucken

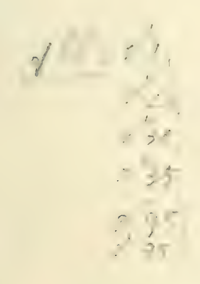
zu anderen Zwecken aus den verschiedensten Teilen des Entwurfes. Bei der flächentreuen azimutalen Projektion z. B. ist dies nur für Zonen zulässig, die vom Mittelmeridian halbiert werden, da sonst die Ausschnitte ihrer gekrümmten Meridiane wegen in keinem Rahmen symmetrisch nach Nord orientierbar sind.

Achtes Kapitel.

Kartenzeichnen.

Die gekrümmten Meridiane und Parallelen des Gradnetzes werden meist mit Hilfe rechtwinkliger Koordinaten konstruiert, die Verbindung der so erlangten Punkte zu Kurven erfolgt dann durch Ausziehen längs Kreislinealen. Wenn man in das so hergestellte Netz direkt nach Vorlagen einzeichnen würde, so wären die Ungenauigkeiten zu groß. Man teilt es daher durch Hilfsparallelen und Meridiane in möglichst kleine Felder, versieht die zu benutzenden Vorlagen mit einem korrespondierenden Netz und vermag nunmehr mit genügender Genauigkeit aus Vorlagen verschiedenster Maßstäbe und verschiedenster Projektion die Objekte und Linien zu entnehmen, die aufgenommen werden sollen. Diese Tätigkeit nennt man Reduzieren. Der umgekehrte Weg der Vergrößerung ist wenig ratsam, da dann jeder in der Vorlage enthaltene Fehler vergrößert wiederkehrt, was beim Reduzieren unmöglich erscheint. — Für Reduktionen und Vergrößerungen von häufig wiederkehrenden bestimmten einfachen Maßstäben, wo die Projektion keine Rolle spielt, werden von manchen topographischen Bureaus und besonders von den Geometern die Pantographen viel gebraucht. Manche von diesen Instrumenten arbeiten praktisch absolut genau, sind jedoch m. E. nur für Reproduktionen von Punkten und geraden Linien mit Sicherheit zu benutzen.

Vielgekrümmte Linien, so z. B. eine Fjordküste oder eine Finländische Küste, können unbedingt nur mangelhaft damit übertragen werden, einmal weil man für eine genaue Wiedergabe dieser Linien keine Kontrolle besitzt, und dann weil der Charakter der Linien bei diesem mechanischen Zeichnen verloren geht. — Besser für Vergrößerungen und Verkleinerungen ist die Photographie geeignet. Wenngleich auch da noch technische Schwierigkeiten besonders für das genaue Maßhalten der Reproduktionen bestehen, so ist dieses Verfahren doch in den meisten staatlichen topographischen Bureaus zur Anwendung gelangt: selbstverständlich ist es aber auch nur bei Maßstabveränderungen von etwa 1 auf 4 und umgekehrt brauchbar, auch ist stets noch ein Überzeichnen der Photographie notwendig.



Namenverzeichnis.

Verzeichnis der erschienenen Bände.

Bibliothek zur Philosophie.

Einführung in die Philosophie von Dr. Max Wentscher, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 281.

Geschichte der Philosophie IV: Neuere Philosophie bis Kant von Dr. Bruno Bauch, Privatdoz. an der Univers. Halle a. S. Nr. 394.

Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.

Grundriß der Psychophysik von Dr. G. F. Lipps in Leipzig. Mit 3 Fig. Nr. 98.

Ethik von Prof. Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 90.

Allgemeine Ästhetik von Prof. Dr. Max Diez, Lehrer an der Kgl. Akademie der bildenden Künste in Stuttgart. Nr. 300.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Sprachwissenschaft.

Indogermanische Sprachwissenschaft von Dr. R. Meringer, Professor an der Universität Graz. Mit 1 Tafel. Nr. 59.

Germanische Sprachwissenschaft von Dr. Rich. Loewe in Berlin. Nr. 238.

Romanische Sprachwissenschaft von Dr. Adolf Zauner, Privatdozent an der Universität Wien. 2 Bände. Nr. 128, 250.

Semitische Sprachwissenschaft von Dr. C. Brockelmann, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 291.

Deutsche Grammatik und kurze Geschichte der deutschen Sprache von Schulrat Professor Dr. O. Lyon in Dresden. Nr. 20.

Deutsche Poetik von Dr. K. Borinski, Professor an der Universität München. Nr. 40.

Deutsche Redelehre von Hans Probst, Gymnasialprof. in Bamberg. Nr. 61.

Aufsatzentwürfe von Oberstudienrat Dr. L. W. Straub, Rektor des Eberhard-Ludwigs-Gymnasiums in Stuttgart. Nr. 17.

Wörterbuch nach der neuen deutschen Rechtschreibung v. Dr. Heinrich Klenz. Nr. 200.

Deutsches Wörterbuch von Dr. Ferd. Detter, Prof. an der Universität Prag. Nr. 64.

Das Fremdwort im Deutschen von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 55.

Deutsches Fremdwörterbuch von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 273.

Die deutschen Personennamen von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 422.

Englisches-deutsches Gesprächsbuch von Professor Dr. E. Hausknecht in Lausanne. Nr. 424.

Grundriß der lateinischen Sprachlehre v. Prof. Dr. W. Votsch i. Magdeburg. Nr. 82.

Russische Grammatik von Dr. Erich Berneker, Prof. an der Universit. Prag. Nr. 66.

Russisch-Deutsches Gesprächsbuch von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 68.

Russisches Lesebuch mit Glossar v. Dr. Erich Berneker, Prof. a. d. Univ. Prag. Nr. 67.

Russische Literatur v. Dr. Erich Boehme, Lektor an d. Handelshochschule Berlin.
I. Teil: Auswahl moderner Prosa und Poesie mit ausführlichen Anmerkungen und Akzentbezeichnung. Nr. 403.
— — II. Teil: Всеволодъ Гаршинъ, Разсказы. Mit Anmerkungen und Akzentbezeichnung. Nr. 404.

Geschichte der klassischen Philologie von Dr. Wilh. Kroll, ord. Prof. an der Universität Münster. Nr. 367.

Siehe auch „Handelswissenschaftliche Bibliothek".

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Literaturgeschichtliche Bibliothek.

Deutsche Literaturgeschichte von Dr. Max Koch, Professor an der Universität Breslau. Nr. 31.

Deutsche Literaturgeschichte der Klassikerzeit von Prof. Carl Weitbrecht. Nr. 161.

Deutsche Literaturgeschichte des 19. Jahrhunderts von Carl Weitbrecht. Durchgesehen und ergänzt von Dr. Richard Weitbrecht in Wimpfen. 2 Teile. Nr. 134, 135.

Geschichte des deutschen Romans von Dr. Hellmuth Mielke. Nr. 229.

Gotische Sprachdenkmäler mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Dr. Hermann Jantzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 79.

Althochdeutsche Literatur mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Th. Schauffler, Prof. am Realgymnasium in Ulm. Nr. 28.

Eddalieder mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Dr. Wilh. Ranisch, Gymnasialoberlehrer in Osnabrück. Nr. 171.

Das Walthari-Lied. Ein Heldensang aus dem 10. Jahrhundert im Versmaße der Urschrift übersetzt u. erläutert v. Prof. Dr. H. Althof in Weimar. Nr. 46.

Dichtungen aus mittelhochdeutscher Frühzeit. In Auswahl mit Einleitungen und Wörterbuch herausgegeben von Dr. Hermann Jantzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 137.

Der Nibelunge Nôt in Auswahl und **mittelhochdeutsche Grammatik** mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Golther, Prof. an der Universität Rostock. Nr. 1.

Kudrun und Dietrichepen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Prof. an der Universität Münster. Nr. 10.

Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höfischen Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch v. Dr. K. Marold, Prof. a. Kgl. Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Walther von der Vogelweide mit Auswahl aus **Minnesang und Spruchdichtung.** Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von O. Güntter, Prof. an der Oberrealschule und an der Techn. Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.

Die Epigonen des höfischen Epos. Auswahl aus deutschen Dichtungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junk, Aktuarius der Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien. Nr. 289.

Literaturdenkmäler des 14. und 15. Jahrhunderts, ausgewählt und erläutert von Dr. Hermann Jantzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 181.

Literaturdenkmäler des 16. Jahrhunderts. I: Martin Luther, Thomas Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

— II: Hans Sachs. Ausgewählt u. erläutert v. Professor Dr. Julius Sahr. Nr. 24.

— **III: Von Brant bis Rollenhagen: Brant, Hutten, Fischart, sowie Tierepos und Fabel.** Ausgewählt u. erläutert von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 36.

Deutsche Literaturdenkmäler des 17. und 18. Jahrhunderts von Dr. Paul Legband in Berlin. 1. Teil. Nr. 364.

Simplicius Simplicissimus von Hans Jakob Christoffel von Grimmelshausen. In Auswahl herausgegeben von Prof. Dr. F. Bobertag, Dozent an der Universität Breslau. Nr. 138.

Das deutsche Volkslied. Ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Julius Sahr. 2 Bändchen. Nr. 25, 132.

Lessings Emilia Galotti. Mit Einleitung und Anmerkungen von Professor Dr. W. Votsch. Nr. 2.

Lessings Minna von Barnhelm. Mit Anmerkungen von Dr. Tomaschek. Nr. 5.

Englische Literaturgeschichte von Dr. Karl Weiser in Wien. Nr. 69.

Grundzüge und Haupttypen der englischen Literaturgeschichte von Dr. Arnold M. M. Schröer, Prof. an der Handelshochschule in Köln. 2 Teile. Nr. 286, 287.

Italienische Literaturgeschichte von Dr. Karl Voßler, Prof. an der Universität Heidelberg. Nr. 125.

Spanische Literaturgeschichte von Dr. Rudolf Beer in Wien. 2 Bde. Nr. 167, 168.

Portugiesische Literaturgeschichte von Dr. Karl von Reinhardstoettner, Prof. an der Königl. Technischen Hochschule München. Nr. 213.

Russische Literaturgeschichte von Dr. Georg Polonskij in München. Nr. 166.

Slavische Literaturgeschichte von Dr. Josef Karásek in Wien. I: Ältere Literatur bis zur Wiedergeburt. Nr. 277.

— II: Das 19. Jahrhundert. Nr. 278.

Nordische Literaturgeschichte. I: Die isländische und norwegische Literatur des Mittelalters von Dr. Wolfgang Golther, Prof. an der Universität Rostock. Nr. 254.

Die Hauptliteraturen des Orients von Dr. Mich. Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. I: Die Literaturen Ostasiens und Indiens. Nr. 162.

— II: Die Literaturen der Perser, Semiten und Türken. Nr. 163.

Griechische Literaturgeschichte mit Berücksichtigung der Geschichte der Wissenschaften von Dr. Alfred Gercke, Prof. an der Univers. Greifswald. Nr. 70.

Römische Literaturgeschichte von Dr. Herm. Joachim in Hamburg. Nr. 52.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Geschichtliche Bibliothek.

Einleitung in die Geschichtswissenschaft von Dr. Ernst Bernheim, Prof. an der Universität Greifswald. Nr. 270.

Urgeschichte der Menschheit von Dr. Moriz Hoernes, Prof. an der Universität in Wien. Mit 53 Abbildungen. Nr. 42.

Geschichte des alten Morgenlandes von Dr. Fr. Hommel, o. ö. Prof. der semitischen Sprachen an der Universität in München. Mit 9 Voll- und Textbildern und 1 Karte des Morgenlandes. Nr. 43.

Geschichte Israels bis auf die griechische Zeit von Lic. Dr. J. Benzinger. Nr. 231.

Neutestamentliche Zeitgeschichte I: Der historische und kulturgeschichtliche Hintergrund des Urchristentums von Lic. Dr. W. Staerk, Privatdozent in Jena. Mit 3 Karten. Nr. 325.

— **II:** Die Religion des Judentums im Zeitalter des Hellenismus und der Römerherrschaft. Mit einer Planskizze. Nr. 326.

Griechische Geschichte von Dr. Heinrich Swoboda, Prof. an der Deutschen Univ. Prag. Nr. 49.

Griechische Altertumskunde von Prof. Dr. Rich. Maisch, neubearbeitet von Rektor Dr. Franz Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern. Nr. 16.

Römische Geschichte von Realgymnasialdirektor Dr. Julius Koch in Grunewald. Nr. 19.

Römische Altertumskunde von Dr. Leo Bloch in Wien. Mit 8 Vollbild. Nr. 45.

Geschichte des Byzantinischen Reiches von Dr. K. Roth in Kempten. Nr. 190.

Deutsche Geschichte I: Mittelalter (bis 1519) von Prof. Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Kgl. Luisengymnasium in Berlin. Nr. 33.

— **II: Zeitalter der Reformation und der Religionskriege** (1500—1648) von Prof. Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Kgl. Luisengymn. in Berlin. Nr. 34.

— **III: Vom Westfälischen Frieden bis zur Auflösung des alten Reichs** (1648 bis 1806) von Prof. Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Kgl. Luisengymnasium in Berlin. Nr. 35.

Deutsche Stammeskunde von Dr. Rudolf Much, Prof. an der Universität in Wien. Mit 2 Karten und 2 Tafeln. Nr. 126.

Die deutschen Altertümer von Dr. Franz Fuhse, Direktor des Städt. Museums in Braunschweig. Mit 70 Abbildungen. Nr. 124.

Abriß der Burgenkunde von Hofrat Dr. Otto Piper in München. Mit 30 Abbildungen. Nr. 119.

Deutsche Kulturgeschichte von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.

Deutsches Leben im 12. u. 13. Jahrhundert. Realkommentar zu den Volks- und Kunstepen und zum Minnesang. I: Öffentliches Leben. Von Prof. Dr. Jul. Dieffenbacher in Freiburg i. B. Mit 1 Tafel u. Abbildungen. Nr. 93.

— **II:** Privatleben. Mit Abbildungen. Nr. 328.

Quellenkunde zur Deutschen Geschichte von Dr. Carl Jacob, Prof. an der Universität in Tübingen. 1. Band. Nr. 279.

Österreichische Geschichte. I: Von der Urzeit bis zum Tode König Albrechts II. (1439) von Prof. Dr. Franz von Krones, neubearbeitet von Dr. Karl Uhlirz, Prof. an der Univ. Graz. Mit 11 Stammtafeln. Nr. 104.

— **II:** Vom Tode König Albrechts II. bis zum Westfälischen Frieden (1440 bis 1648) von Prof. Dr. Franz von Krones, neubearbeitet von Dr. Karl Uhlirz, Prof. an der Universität Graz. Mit 2 Stammtafeln. Nr. 105.

Englische Geschichte von Prof. L. Gerber, Oberlehrer in Düsseldorf. Nr. 375.

Französische Geschichte von Dr. R. Sternfeld, Prof. an der Univ. Berlin. Nr. 85.

Russische Geschichte von Dr. Wilhelm Reeb, Oberlehrer am Ostergymnasium in Mainz. Nr. 4.

Polnische Geschichte von Dr. Clemens Brandenburger in Posen. Nr. 338.

Spanische Geschichte von Dr. Gust. Diercks. Nr. 266.

Schweizerische Geschichte v. Dr. K. Dändliker, Prof. a. d. Univ. Zürich. Nr. 188.

Geschichte der christlichen Balkanstaaten (Bulgarien, Serbien, Rumänien, Montenegro, Griechenland) von Dr. K. Roth in Kempten. Nr. 331.

Bayerische Geschichte von Dr. Hans Ockel in Augsburg. Nr. 160.

Sächsische Geschichte von Prof. Otto Kaemmel, Rektor des Nikolaigymnasiums zu Leipzig. Nr. 100.

Thüringische Geschichte von Dr. Ernst Devrient in Jena. Nr. 352.

Badische Geschichte von Dr. Karl Brunner, Prof. am Gymnasium in Pforzheim und Privatdozent der Geschichte an der Techn. Hochschule in Karlsruhe. Nr. 230.

Geschichte Lothringens von Geh. Reg.-R. Dr. Herm. Derichsweiler in Straßburg. Nr. 6.

Die Kultur der Renaissance. Gesittung, Forschung, Dichtung von Dr. Robert F. Arnold, Professor an der Universität Wien. Nr. 189.

Geschichte des 19. Jahrhunderts von Oskar Jeger, o. Honorarprofessor an der Universität Bonn. 1. Bändchen: 1800—1852. Nr. 216.

— 2. Bändchen: 1853 bis Ende des Jahrhunderts. Nr. 217.

Kolonialgeschichte von Dr. Dietrich Schäfer, Prof. der Geschichte an der Univ. Berlin. Nr. 156.

Die Seemacht in der deutschen Geschichte von Wirkl. Admiralitätsrat Dr. Ernst von Halle, Prof. an der Universitat Berlin. Nr. 370.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Geographische Bibliothek.

Physische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.

Astronomische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.

Klimakunde. I: Allgemeine Klimalehre von Professor Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Tafeln u. 2 Figuren. Nr. 114.

Meteorologie von Dr. W. Trabert, Professor a. d. Universitat in Innsbruck. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54

Physische Meereskunde von Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 28 Abb. im Text u. 8 Tafeln. Nr. 112.

Paläogeographie. Geologische Geschichte der Meere u. Festländer v. Dr. Franz Kossmat in Wien. Mit 6 Karten. Nr. 406.

Die Alpen von Dr. Rob. Sieger, Prof. an der Universität Graz. Mit 19 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 129.

Gletscherkunde von Dr. Fritz Machacek in Wien. Mit 5 Abbildungen im Text und 11 Tafeln. Nr. 154.

Pflanzengeographie von Prof. Dr. Ludwig Diels, Privatdoz. an der Univers. Berlin. Nr. 389.

Tiergeographie von Dr. Arnold Jacobi, Professor der Zoologie an der Königl. Forstakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.

Länderkunde von Europa von Dr. Franz Heiderich, Professor am Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 14 Textkärtchen und Diagrammen und einer Karte der Alpeneinteilung. Nr. 62.

— **der außereuropäischen Erdteile** von Dr. Franz Heiderich, Professor am Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 11 Textkärtchen u. Profil. Nr. 63.

Landeskunde und Wirtschaftsgeographie des Festlandes Australien von Dr. Kurt Hassert, Professor an der Handelshochschule in Köln. Mit 8 Abbildungen, 6 graphischen Tabellen und 1 Karte. Nr. 319.
— **von Baden** von Professor Dr. O. Kienitz in Karlsruhe. Mit Profilen, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 199.
— **des Königreichs Bayern** von Dr. W. Götz, Professor an der Königl. Techn. Hochschule München. Mit Profilen, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 176.
— **der Republik Brasilien** von Rodolpho von Ihering. Mit 12 Abbildungen und einer Karte. Nr. 373.
— **von Britisch-Nordamerika** von Professor Dr. A. Oppel in Bremen. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 284.
— **von Elsaß-Lothringen** von Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. Mit 11 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 215.
— **des Großherzogtums Hessen, der Provinz Hessen-Nassau und des Fürstentums Waldeck** von Prof. Dr. Georg Greim in Darmstadt. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 376.
— **der Iberischen Halbinsel** v. Dr. Fritz Regel, Prof. a. d. Univ. Würzburg. Mit 8 Kärtchen und 8 Abbild. im Text und 1 Karte im Farbendruck. Nr. 235.
— **von Österreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Professor an der Universität Berlin. Mit 10 Textillustrationen und 1 Karte. Nr. 244.
— **der Rheinprovinz** von Dr. V. Steinecke, Direktor des Realgymnasiums in Essen. Mit 9 Abb., 3 Kärtchen und 1 Karte. Nr. 308.
— **des Europäischen Rußlands nebst Finnlands** von Dr. Alfred Philippson, ord. Prof. der Geographie an der Universität Halle a. S. Mit 9 Abbildungen, 7 Textkarten und einer lithographischen Karte. Nr. 359.
— **des Königreichs Sachsen** von Dr. J. Zemmrich, Oberlehrer am Realgymnasium in Plauen. Mit 12 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 258.
— **der Schweiz** von Gymnasiallehrer Dr. H. Walser in Bern. Mit 16 Abbildungen und einer Karte. Nr. 398.
— **von Skandinavien** (Schweden, Norwegen und Dänemark) von Heinrich Kerp, Lehrer am Gymnasium und Lehrer der Erdkunde am Comenius-Seminar zu Bonn. Mit 11 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 202.
— **der Vereinigten Staaten von Nordamerika** von Prof. Heinrich Fischer, Oberlehrer am Luisenstädtischen Realgymnasium in Berlin. Mit Karten, Figuren im Text und Tafeln. 2 Bändchen. Nr. 381, 382.
— **des Königreichs Württemberg** von Dr. Kurt Hassert, Professor an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 157.
Landes- und Volkskunde Palästinas von Privatdozent Dr. G. Hölscher in Halle a. S. Mit 8 Vollbildern und einer Karte. Nr. 345.
Völkerkunde von Dr. Michael Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. Mit 56 Abbildungen. Nr. 73.
Kartenkunde, geschichtlich dargestellt von E. Gelcich, Direktor der k. k. Nautischen Schule in Lussinpiccolo und F. Sauter, Professor am Realgymnasium in Ulm, neu bearbeitet von Dr. Paul Dinse, Assistent der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin. Mit 70 Abbildungen. Nr. 30.

☞ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Mathematische Bibliothek.

Geschichte der Mathematik von Dr. A. Sturm, Professor am Obergymnasium in Seitenstetten. Nr. 226.

Arithmetik und Algebra von Dr. Hermann Schubert, Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 47.

Beispielsammlung zur Arithmetik und Algebra von Dr. Hermann Schubert, Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.

Determinanten von Paul B. Fischer, Oberlehrer an der Oberrealschule zu Groß-Lichterfelde. Nr. 402.

Ebene Geometrie mit 110 zweifarb. Figuren von G. Mahler, Prof. am Gymnasium in Ulm. Nr. 41.

Darstellende Geometrie I mit 110 Figuren von Dr. Rob. Haußner, Prof. an der Universität Jena. Nr. 142.

— — II. Mit 40 Figuren. Nr. 143.

Ebene und sphärische Trigonometrie mit 70 Figuren von Dr. Gerhard Hessenberg, Privatdozent an der Techn. Hochschule Berlin. Nr. 99.

Stereometrie mit 44 Figuren von Dr. R. Glaser in Stuttgart. Nr. 97.

Niedere Analysis mit 6 Fig. von Prof. Dr. Benedikt Sporer in Ehingen. Nr. 53.

Vierstellige Tafeln und Gegentafeln für logarithmisches und trigonometrisches Rechnen in zwei Farben zusammengestellt von Dr. Hermann Schubert, Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 81.

Fünfstellige Logarithmen von Professor Aug. Adler, Direktor der k. k. Staatsoberrealschule in Wien. Nr. 423.

Analytische Geometrie der Ebene mit 57 Figuren von Prof. Dr. M. Simon in Straßburg. Nr. 65.

Aufgabensammlung zur analytischen Geometrie der Ebene mit 32 Fig. von O. Th. Bürklen, Professor am Realgymnasium in Schwäb.-Gmünd. Nr. 256.

Analytische Geometrie des Raumes mit 28 Abbildungen von Professor Dr. M. Simon in Straßburg. Nr. 89.

Aufgabensammlung zur analytischen Geometrie des Raumes mit 8 Fig. von O. Th. Bürklen, Prof. am Realgymnasium in Schwäb.-Gmünd. Nr. 309.

Höhere Analysis I: Differentialrechnung mit 68 Figuren von Dr. Friedrich Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Nr. 87.

— **II: Integralrechnung** mit 89 Figuren von Dr. Friedrich Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Nr. 88.

Repetitorium und Aufgabensammlung zur Differentialrechnung mit 46 Fig. von Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Nr. 146.

Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung mit 52 Fig. von Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Nr. 147.

Projektive Geometrie in synthetischer Behandlung mit 91 Fig. von Dr. K. Doehlemann, Prof. an der Universität München. Nr. 72.

Mathematische Formelsammlung und Repetitorium der Mathematik, enth. die wichtigsten Formeln und Lehrsätze der Arithmetik, Algebra, algebraischen Analysis, ebenen Geometrie, Stereometrie, ebenen und sphärischen Trigonometrie, math. Geographie, analyt. Geometrie der Ebene und des Raumes, der Differential- und Integralrechnung von O. Th. Bürklen, Prof. am Kgl. Realgymnasium in Schw.-Gmünd. Mit 18 Figuren. Nr. 51.

Versicherungsmathematik von Dr. Alfred Loewy, Prof. an der Universität Freiburg i. Br. Nr. 180.

Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate mit 15 Fig. und 2 Tafeln von Wilh. Weitbrecht, Professor der Geodäsie in Stuttgart. Nr. 302.

Vektoranalysis von Dr. Siegfr. Valentiner, Privatdozent für Physik an der Universität Berlin. Mit 11 Figuren. Nr. 354.

Astronomische Geographie mit 52 Figuren von Dr. Siegm. Günther, Prof. an der Techn. Hochschule in München. Nr. 92.

Astrophysik. Die Beschaffenheit der Himmelskörper von Dr. Walter F. Wislicenus, Prof. an der Universität Straßburg. Mit 11 Abbildungen. Nr. 91.

Astronomie. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neubearb. von Dr. W. F. Wislicenus, Prof. an der Univ. Straßburg. Mit 36 Abbildungen und 1 Sternkarte. Nr. 11.

Geodäsie mit 66 Abbildungen von Dr. C. Reinhertz, Prof. an der Techn. Hochschule Hannover. Nr. 102.

Nautik. Kurzer Abriß des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schiffahrtskunde mit 56 Abbildungen von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationsschule zu Lübeck. Nr. 84.

Geometrisches Zeichnen von H. Becker, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neu bearbeitet von Prof. J. Vonderlinn, Direktor der Kgl. Baugewerkschule zu Münster i. W. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung. Gleichzeitig macht die Verlagshandlung auf die „Sammlung Schubert", eine Sammlung mathematischer Lehrbücher, aufmerksam. Ein vollständiges Verzeichnis dieser Sammlung, sowie ein ausführlicher mathematischer Katalog der G. J. Göschen'schen Verlagshandlung können kostenfrei durch jede Buchhandlung bezogen werden.

Naturwissenschaftliche Bibliothek.

Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten, von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbildungen und 1 Tafel. Nr. 18.

Urgeschichte der Menschheit von Dr. Moriz Hoernes, Prof. an der Universität Wien. Mit 53 Abbildungen. Nr. 42.

Völkerkunde von Dr. Michael Haberlandt, k. u. k. Kustos der ethnogr. Sammlung des naturhistor. Hofmuseums u. Privatdozent an der Universität Wien. Mit 51 Abbildungen. Nr. 73.

Tierkunde von Dr. Franz v. Wagner, Prof. an der Universität Graz. Mit 78 Abbildungen. Nr. 60.

Abriß der Biologie der Tiere von Dr. Heinrich Simroth, Professor an der Universität Leipzig. Nr. 131.

Tiergeographie von Dr. Arnold Jacobi, Prof. der Zoologie an der Kgl. Forstakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.

Das Tierreich. I: Säugetiere, von Oberstudienrat Prof. Dr. Kurt Lampert, Vorsteher des Kgl. Naturalienkabinetts in Stuttgart. Mit 15 Abbild. Nr. 282.
— III: Reptilien und Amphibien. Von Dr. Franz Werner, Privatdozent an der Universität Wien. Mit 48 Abbildungen. Nr. 383.
— IV: Fische, von Dr. Max Rauther, Privatdozent der Zoologie an der Universität Gießen. Mit 37 Abbildungen. Nr. 356.

Entwicklungsgeschichte der Tiere von Prof. Dr. Johs. Meisenheimer, Privatdozent der Zoologie an der Universität Marburg. I: Furchung, Primitivanlagen, Larven, Formbildung, Embryonalhüllen. Mit 48 Fig. Nr. 378.
— II: Organbildung. Mit 46 Figuren. Nr. 379.

Schmarotzer und Schmarotzertum in der Tierwelt. Erste Einführung in die tierische Schmarotzerkunde von Dr. Franz v. Wagner, Professor an der Universität Graz. Mit 67 Abbildungen. Nr. 151.

Geschichte der Zoologie von Dr. Rud. Burckhardt, weil. Direktor der Zoologischen Station des Berliner Aquariums in Rovigno (Istrien). Nr. 357.

Die Pflanze, ihr Bau und ihr Leben von Oberlehrer Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.

Das Pflanzenreich. Einteilung des gesamten Pflanzenreichs mit den wichtigsten und bekanntesten Arten von Dr. F. Reinecke in Breslau und Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Fig. Nr. 122.

Pflanzenbiologie von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 127.

Pflanzengeographie von Prof. Dr. Ludwig Diels, Privatdoz. an der Univers. Berlin. Nr. 389.

Morphologie, Anatomie und Physiologie der Pflanzen von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 141.

Die Pflanzenwelt der Gewässer von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 158.

Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. 2 Teile. Mit 100 Abbildungen. Nr. 268, 269.

Die Nadelhölzer von Prof. Dr. F. W. Neger in Tharandt. Mit 85 Abbildungen, 5 Tabellen und 3 Karten. Nr. 355.

Nutzpflanzen von Prof. Dr. J. Behrens, Vorst. der Großh. landwirtschaftl. Versuchsanst. Augustenberg. Mit 53 Figuren. Nr. 123.

Das System der Blütenpflanzen mit Ausschluß der Gymnospermen von Dr. R. Pilger, Assistent am Kgl. Botanischen Garten in Berlin-Dahlem. Mit 31 Figuren. Nr. 393.

Pflanzenkrankheiten von Dr. Werner Friedrich Bruck in Gießen. Mit 1 farb. Tafel und 45 Abbildungen. Nr. 310.

Mineralogie von Dr. R. Brauns, Professor an d. Universität Bonn. Mit 130 Abbildungen. Nr. 29.

Geologie in kurzem Auszug für Schulen und zur Selbstbelehrung zusammengestellt von Prof. Dr. Eberh. Fraas in Stuttgart. Mit 16 Abbildungen und 4 Tafeln mit 51 Figuren. Nr. 13.

Paläontologie von Dr. Rud. Hoernes, Professor an der Universität Graz. Mit 87 Abbildungen. Nr. 95.

Petrographie von Dr. W. Bruhns, Professor an der Universität Straßburg i. E. Mit 15 Abbildungen. Nr. 173.

Kristallographie von Dr. W. Bruhns, Prof. an der Universität Straßburg. Mit 190 Abbildungen. Nr. 210.

Geschichte der Physik von A. Kistner, Prof. an der Großh. Realschule zu Sinsheim a. E. I: Die Physik bis Newton. Mit 13 Figuren. Nr. 293.

— II: Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 3 Figuren. Nr. 294.

Theoretische Physik. I. Teil: Mechanik und Akustik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 19 Abb. Nr. 76.

— II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.

— III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 33 Abbild. Nr. 78.

— IV. Teil: Elektromagnetische Lichttheorie und Elektronik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 21 Figuren. Nr. 374.

Radioaktivität von Wilh. Frommel. Mit 18 Figuren. Nr. 317.

Physikalische Messungsmethoden von Dr. Wilhelm Bahrdt, Oberlehrer an der Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit 49 Figuren. Nr. 301.

Geschichte der Chemie von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.

— II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.

Anorganische Chemie von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 37.

Metalloide (Anorganische Chemie I. Teil) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.

Metalle (Anorganische Chemie II. Teil) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.

Organische Chemie von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.

Chemie der Kohlenstoffverbindungen von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I. II: Aliphatische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191, 192.

— III: Karbocyklische Verbindungen. Nr. 193.

— IV: Heterocyklische Verbindungen. Nr. 194.

Analytische Chemie von Dr. Johannes Hoppe. I: Theorie und Gang der Analyse. Nr. 247.

— II: Reaktion der Metalloide und Metalle. Nr. 248.

Maßanalyse von Dr. Otto Röhm in Stuttgart. Mit 14 Fig. Nr. 221.

Technisch-Chemische Analyse von Dr. G. Lunge, Prof. an der Eidgen. Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abbildungen. Nr. 195.

Stereochemie von Dr. E. Wedekind, Professor an der Universität Tübingen. Mit 34 Abbildungen. Nr. 201.

Allgemeine und physikalische Chemie von Dr. Max Rudolphi, Professor an der Techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Figuren. Nr. 71.

Elektrochemie von Dr. Heinrich Danneel in Friedrichshagen. I. Teil: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 18 Figuren. Nr. 252.

— II: Experimentelle Elektrochemie, Meßmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen. Mit 26 Figuren. Nr. 253.

Agrikulturchemie. I: **Pflanzenernährung** von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.

Das agrikulturchemische Kontrollwesen v. Dr. Paul Krische in Göttingen. Nr. 304.

Physiologische Chemie von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.

— II: Dissimilation. Mit einer Tafel. Nr. 241.

Meteorologie von Dr. W. Trabert, Prof. an der Universität Innsbruck. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.

Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht von Dr. A. Nippoldt jr., Mitglied des Königl. Preußischen Meteorologischen Instituts zu Potsdam. Mit 14 Abbildungen und 3 Tafeln. Nr. 175.

Astronomie. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neu bearb. von Dr. W. F. Wislicenus, Prof. an der Univ. Straßburg. Mit 36 Abbildungen und 1 Sternkarte. Nr. 11.

Astrophysik. Die Beschaffenheit der Himmelskörper von Dr. Walter F. Wislicenus, Prof. an der Univers. Straßburg. Mit 11 Abbildungen. Nr. 91.

Astronomische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Prof. an der Techn. Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.

Physische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Prof. an der Königl. Techn. Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.

Physische Meereskunde von Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 28 Abb. im Text u. 8 Taf. Nr. 112.

Klimakunde I: Allgemeine Klimalehre von Prof. Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Taf. u. 2 Fig. Nr. 114.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Physik.

Geschichte der Physik von A. Kistner, Professor an der Großh. Realschule zu Sinsheim a. E. I: Die Physik bis Newton. Mit 13 Fig. Nr. 293.

— II: Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 13 Figuren. Nr. 294.

Theoretische Physik. I: Mechanik und Akustik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Universität Wien. Mit 19 Abbildungen. Nr. 76.

— II: Licht und Wärme. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.

— III: Elektrizität und Magnetismus. Mit 33 Abbildungen. Nr. 78.

— IV: Elektromagnetische Lichttheorie und Elektronik. Von Dr. Gustav Jäger, Professor der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 21 Figuren. Nr. 374.

Radioaktivität von Wilh. Frommel. Mit 18 Figuren. Nr. 317.

Physikalische Messungsmethoden von Dr. Wilhelm Bahrdt, Oberlehrer an der Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit 49 Figuren. Nr. 301.

Physikalische Aufgabensammlung von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Mit den Resultaten. Nr. 243.

Physikalische Formelsammlung von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Nr. 136.

Vektoranalysis von Dr. Siegfr. Valentiner, Privatdozent für Physik an der Universität Berlin. Mit 11 Figuren. Nr. 354.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Chemie.

Geschichte der Chemie von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.

— II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.

Anorganische Chemie von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 37.

Metalloide (Anorganische Chemie I) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.

Metalle (Anorganische Chemie II) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.

Organische Chemie von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.

Chemie der Kohlenstoffverbindungen von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I, II: Aliphatische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191, 192.

— III: Karbocyklische Verbindungen. Nr. 193.

— IV: Heterocyklische Verbindungen. Nr. 194.

Analytische Chemie von Dr. Johannes Hoppe. I: Theorie und Gang der Analyse. Nr. 247.

— II: Reaktion der Metalloide und Metalle. Nr. 248.

Maßanalyse von Dr. Otto Röhm in Stuttgart. Mit 14 Fig. Nr. 221.

Technisch-Chemische Analyse von Dr. G. Lunge, Professor an der Eidgenöss. Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abbildungen. Nr. 195.

Stereochemie von Dr. E. Wedekind, Professor an der Universität Tübingen. Mit 34 Abbildungen. Nr. 201.

Allgemeine und physikalische Chemie von Dr. Max Rudolphi, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Fig. Nr. 71.

Elektrochemie von Dr. Heinrich Danneel in Friedrichshagen. I. Teil: Theoretische Elektrochemie u. ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 18 Fig. Nr. 252.

— II: Experimentelle Elektrochemie, Meßmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen. Mit 26 Figuren. Nr. 253.

Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.

Das agrikulturchemische Kontrollwesen v. Dr. Paul Krische in Göttingen. Nr. 304.

Physiologische Chemie von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.

— II: Dissimilation. Mit 1 Tafel. Nr. 241.

☛ Siehe auch „Technologie“. Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Technologie.

Chemische Technologie.

Allgemeine chemische Technologie v. Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.

Die Fette und Öle sowie die **Seifen- und Kerzenfabrikation** und die Harze, Lacke, Firnisse mit ihren wichtigsten Hilfsstoffen von Dr. Karl Braun. I: Einführung in die Chemie, Besprechung einiger Salze und die Fette und Öle. Nr. 335.

— II: Die Seifenfabrikation, die Seifenanalyse und die Kerzenfabrikation. Mit 25 Abbildungen. Nr. 336.

— III: Harze, Lacke, Firnisse. Nr. 337.

Die Explosivstoffe. Einführung in die Chemie der explosiven Vorgänge von Dr. H. Brunswig in Neubabelsberg. Mit 16 Abbildungen. Nr. 333.

Brauereiwesen I: Mälzerei von Dr. Paul Dreverhoff, Direktor der Brauer- und Mälzerschule in Grimma. Mit 16 Abbildungen. Nr. 303.

Das Wasser und seine Verwendung in Industrie und Gewerbe von Dipl.-Ing. Dr. Ernst Leher. Mit 15 Abbildungen. Nr. 261.

Anorganische chemische Industrie von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. I: Die Leblancsodaindustrie und ihre Nebenzweige. Mit 12 Tafeln. Nr. 205.

— II: Salinenwesen, Kalisalze, Düngerindustrie und Verwandtes. Mit 6 Taf. Nr. 206.

— III: Anorganische Chemische Präparate. Mit 6 Tafeln. Nr. 207.

Metallurgie von Dr. Aug. Geitz. 2 Bde. Mit 21 Fig. Nr. 313, 314.

Die Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine und des Mörtels von Dr. Gustav Rauter. I: Glas- und keramische Industrie. Mit 12 Tafeln. Nr. 233.

— II: Die Industrie der künstlichen Bausteine und des Mörtels. Mit 12 Taf. Nr. 234.

Die Teerfarbstoffe mit besonderer Berücksichtigung der synthetischen Methoden von Dr. Hans Bucherer, Professor a. d. Kgl. Technischen Hochschule Dresden. Nr. 214.

Mechanische Technologie.

Mechanische Technologie von Geh. Hofrat Prof. A. Lüdicke in Braunschweig. Nr. 340, 341.

Textil-Industrie I: Spinnerei und Zwirnerei von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 39 Fig. Nr. 184.

— II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 27 Figuren. Nr. 185.

— III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe von Dr. Wilh. Massot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule für Textil-Industrie in Krefeld. Mit 28 Figuren. Nr. 186.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zu den Ingenieurwissenschaften.

Das Rechnen in der Technik u. seine Hilfsmittel (Rechenschieber, Rechentafeln, Rechenmaschinen usw.) von Ingenieur Joh. Eugen Mayer in Karlsruhe i. B. Mit 30 Abb. Nr. 405.

Materialprüfungswesen. Einführung in die moderne Technik der Materialprüfung von K. Memmler, Diplom-Ingenieur, ständ. Mitarbeiter am Kgl. Materialprüfungsamte zu Groß-Lichterfelde. I: Materialeigenschaften. — Festigkeitsversuche. — Hilfsmittel für Festigkeitsversuche. Mit 58 Figuren. Nr. 311.

— II: Metallprüfung und Prüfung von Hilfsmaterialien des Maschinenbaues. — Baumaterialprüfung. — Papierprüfung. — Schmiermittelprüfung. — Einiges über Metallographie. Mit 31 Figuren. Nr. 312.

Statik. I: Die Grundlehren der Statik starrer Körper von W. Hauber, Diplom-Ingenieur. Mit 82 Figuren. Nr. 178.

— II: Angewandte Statik. Mit 61 Figuren. Nr. 179.

Festigkeitslehre von W. Hauber, Diplom-Ingenieur. Mit 56 Figuren. Nr. 288.

Hydraulik v. W. Hauber, Diplom-Ingenieur in Stuttgart. Mit 44 Fig. Nr. 397.

Geometrisches Zeichnen von H. Becker, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neubearbeitet von Professor J. Vonderlinn in Münster. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

Perspektive nebst einem Anhang über Schattenkonstruktion und Parallelperspektive von Architekt Hans Freyberger, Oberlehrer an der Baugewerkschule Köln. Mit 88 Abbildungen. Nr. 57.

Schattenkonstruktionen von Prof. J. Vonderlinn in Münster. Mit 114 Figuren. Nr. 236.

Parallelperspektive. Rechtwinklige und schiefwinklige Axonometrie von Prof. J. Vonderlinn in Münster. Mit 121 Figuren. Nr. 260.

Technisches Wörterbuch von Erich Krebs in Berlin. I. Teil: Deutsch-Englisch. Nr. 395.

— II. Teil: Englisch-Deutsch. Nr. 396.

Elektrotechnik. Einführung in die moderne Gleich- und Wechselstromtechnik von J. Herrmann, Professor an der Königlich Technischen Hochschule Stuttgart. I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 47 Figuren. Nr. 196.

— II: Die Gleichstromtechnik. Mit 74 Figuren. Nr. 197.

— III: Die Wechselstromtechnik. Mit 109 Figuren. Nr. 198.

Die Gleichstrommaschine von C. Kinzbrunner, Ingenieur und Dozent für Elektrotechnik an der Municipal School of Technology in Manchester. Mit 78 Figuren. Nr. 257.

Das Fernsprechwesen von Dr. Ludwig Rellstab in Berlin. Mit 47 Figuren und 1 Tafel. Nr. 155.

Die elektrische Telegraphie von Dr. Ludwig Rellstab. Mit 19 Figuren. Nr. 172.

Maurer- u. Steinhauerarbeiten von Dr. phil. u. Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildungen. Nr. 419—421.

Eisenkonstruktionen im Hochbau. Kurzgefaßtes Handbuch mit Beispielen von Ingenieur Karl Schindler in Meißen. Mit 115 Figuren. Nr. 322.

Der Eisenbetonbau von Reg.-Baumeister Karl Rößle in Berlin-Steglitz. Mit 77 Abbildungen. Nr. 349.

Heizung und Lüftung von Ingenieur Johannes Körting, Direktor der Akt.-Ges. Gebrüder Körting in Düsseldorf. I: Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 34 Figuren. Nr. 342.

— II: Die Ausführung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 191 Figuren. Nr. 343.

Gas- und Wasserinstallationen mit Einschluß der Abortanlagen von Dr. phil. u. Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. Mit 119 Abbild. Nr. 412.

Das Veranschlagen im Hochbau. Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen des Kostenanschlages von Emil Beutinger, Architekt B.D.A., Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit vielen Figuren. Nr. 385.

Bauführung. Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen der Bauführung von Architekt Emil Beutinger, Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 25 Figuren und 11 Tabellen. Nr. 399.

Öffentliche Bade- und Schwimmanstalten Dr. Karl Wolff, Stadt-Oberbaurat in Hannover. Mit 50 Fig. Nr. 380.

Die Maschinenelemente. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 86 Figuren. Nr. 3.

Eisenhüttenkunde von A. Krauß, diplomierter Hütteningenieur. I: Das Roheisen. Mit 17 Figuren und 4 Tafeln. Nr. 152.

— II: Das Schmiedeeisen. Mit 25 Figuren und 5 Tafeln. Nr. 153.

Technische Wärmelehre (Thermodynamik) von K. Walther und M. Röttinger, Diplom-Ingenieuren. Mit 54 Figuren. Nr. 242.

Die Dampfmaschine. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 48 Figuren. Nr. 8.

Die Dampfkessel. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 67 Figuren. Nr. 9.

Die Gaskraftmaschinen. Kurzgefaßte Darstellung der wichtigsten Gasmaschinen-Bauarten v. Ingenieur Alfred Kirschke in Halle a. S. Mit 55 Figuren. Nr. 316.

Die Dampfturbinen, ihre Wirkungsweise und Konstruktion von Ingenieur Hermann Wilda, Professor am staatl. Technikum in Bremen. Mit 104 Abbildungen. Nr. 274.

Die zweckmäßigste Betriebskraft von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. I: Die mit Dampf betriebenen Motoren nebst 22 Tabellen über ihre Anschaffungs- und Betriebskosten. Mit 14 Abbildungen. Nr. 224.

— II: Verschiedene Motoren nebst 22 Tabellen über ihre Anschaffungs- und Betriebskosten. Mit 29 Abbildungen. Nr. 225.

Die Hebezeuge, ihre Konstruktion und Berechnung von Ingenieur Hermann Wilda, Prof. am staatl. Technikum in Bremen. Mit 399 Abbildungen. Nr. 414.

Pumpen, hydraulische und pneumatische Anlagen. Ein kurzer Überblick von Regierungsbaumeister Rudolf Vogdt, Oberlehrer an der Königl. höheren Maschinenbauschule in Posen. Mit 59 Abbildungen. Nr. 290.

Die landwirtschaftlichen Maschinen von Karl Walther, Diplom-Ingenieur in Mannheim. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildungen. Nr. 407—409.

Nautik. Kurzer Abriß des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schiffahrtskunde. Von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationsschule zu Lübeck. Mit 56 Abbildungen. Nr. 84.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zu den Rechts- u. Staatswissenschaften.

Allgemeine Rechtslehre von Dr. Th. Sternberg, Privatdozent an der Univers. Lausanne. I: Die Methode. Nr. 169.

— II: Das System. Nr. 170.

Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches. Zweites Buch: Schuldrecht. I. Abteilung: Allgemeine Lehren von Dr. Paul Oertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 323.

— — II. Abteilung: Die einzelnen Schuldverhaltnisse von Dr. Paul Oertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 324.

Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches. Viertes Buch: Familienrecht von Dr. Heinrich Titze, Professor an der Univ. Göttingen. Nr. 305.

Das deutsche Seerecht von Dr. Otto Brandis, Oberlandesgerichtsrat in Hamburg. 2 Bände. Nr. 386, 387.

Postrecht von Dr. Alfred Wolcke, Postinspektor in Bonn. Nr. 425.

Allgemeine Staatslehre von Dr. Hermann Rehm, Prof. an der Universität Straßburg i. E. Nr. 358.

Allgemeines Staatsrecht von Dr. Julius Hatschek, Prof. der Rechte an der Kgl. Akademie in Posen. 3 Bändchen. Nr. 415—417.

Preußisches Staatsrecht von Dr. Fritz Stier-Somlo, Prof. an der Univers. Bonn. 2 Teile. Nr. 298, 299.

Kirchenrecht von Dr. Emil Sehling, ord. Prof. der Rechte in Erlangen. Nr. 377.

Das deutsche Urheberrecht an literarischen, künstlerischen und gewerblichen Schöpfungen, mit besonderer Berücksichtigung der internationalen Verträge von Dr. Gustav Rauter, Patentanwalt in Charlottenburg. Nr. 263.

Der internationale gewerbliche Rechtsschutz von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserl. Patentamts zu Berlin. Nr. 271.

Das Urheberrecht an Werken der Literatur und der Tonkunst, das Verlagsrecht und das Urheberrecht an Werken der bildenden Künste und der Photographie von Staatsanwalt Dr. J. Schlittgen in Chemnitz. Nr. 361.

Das Warenzeichenrecht. Nach dem Gesetz zum Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894 von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserl. Patentamtes zu Berlin. Nr. 360.

Der unlautere Wettbewerb von Rechtsanwalt Dr. Martin Wassermann in Hamburg. Nr. 339.

Deutsches Kolonialrecht von Dr. H. Edler v. Hoffmann, Privatdozent an der Universität Göttingen. Nr. 318.

Militärstrafrecht von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. an der Universität Straßburg i. E. 2 Bände. Nr. 371, 372.

Deutsche Wehrverfassung von Kriegsgerichtsrat Carl Endres in Würzburg. Nr. 401.

Forensische Psychiatrie von Prof. Dr. W. Weygandt in Würzburg. 2 Bändchen. Nr. 410 u. 411.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Volkswirtschaftliche Bibliothek.

Volkswirtschaftslehre von Dr. Carl Johs. Fuchs, Professor an der Universität Freiburg i. Br. Nr. 133.

Volkswirtschaftspolitik von Präsident Dr. R. van der Borght in Berlin. Nr. 177.

Gewerbewesen von Dr. Werner Sombart, Professor an der Handelshochschule Berlin. 2 Bände. Nr. 203, 204.

Das Genossenschaftswesen in Deutschland. Von Dr. Otto Lindecke, Sekretär des Hauptverbandes deutscher gewerblicher Genossenschaften. Nr. 384.

Das Handelswesen von Dr. Wilh. Lexis, Professor an der Universität Göttingen. I: Das Handelspersonal und der Warenhandel. Nr. 296.

Das Handelswesen von Dr. Wilh. Lexis, Professor an der Universität Göttingen. II. Die Effektenbörse und die innere Handelspolitik. Nr. 297.

Auswärtige Handelspolitik von Dr. Heinrich Sieveking, Professor an der Universität Marburg. Nr. 245.

Das Versicherungswesen von Dr. jur. Paul Moldenhauer, Dozent der Versicherungswissenschaft an der Handelshochschule Köln. Nr. 262.

Die gewerbliche Arbeiterfrage von Dr. Werner Sombart, Professor an der Handelshochschule Berlin. Nr. 209.

Die Arbeiterversicherung von Professor Dr. Alfred Manes in Berlin. Nr. 267.

Finanzwissenschaft von Präsident Dr. R. van der Borght in Berlin. I. Allgemeiner Teil. Nr. 148.

— II. Besonderer Teil (Steuerlehre). Nr. 391.

Soziologie von Prof. Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 101.

Die Entwicklung der sozialen Frage von Professor Dr. Ferd. Tönnies in Eutin. Nr. 353.

Armenwesen und Armenfürsorge. Einführung in die soziale Hilfsarbeit von Dr. Adolf Weber, Dozent an der Universität in Bonn. Nr. 346.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Theologische und religionswissenschaftliche Bibliothek.

Die Entstehung des Alten Testaments von Lic. Dr. W. Staerk in Jena. Nr. 272.

Alttestamentliche Religionsgeschichte von D. Dr. Max Löhr, Professor an der Universität Breslau. Nr. 292.

Geschichte Israels bis auf die griechische Zeit von Lic. Dr. J. Benzinger. Nr. 231.

Landes- u. Volkskunde Palästinas von Lic. Dr. Gustav Hölscher in Halle. Mit 8 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 345.

Die Entstehung d. Neuen Testaments v. Prf. Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 285.

Die Entwicklung der christlichen Religion innerhalb des Neuen Testaments von Prof. Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 388.

Neutestamentliche Zeitgeschichte von Lic. Dr. W. Staerk in Jena. I: Der historische u. kulturgeschichtliche Hintergrund des Urchristentums. Nr. 325.

— II: Die Religion des Judentums im Zeitalter des Hellenismus und der Römerherrschaft. Nr. 326.

Abriß der vergleichenden Religionswissenschaft von Prof. Dr. Th. Achelis in Bremen. Nr. 208.

Indische Religionsgeschichte von Prof. Dr. Edmund Hardy. Nr. 83.

Buddha von Professor Dr. Edmund Hardy. Nr. 174.

Griechische und römische Mythologie von Dr. Hermann Steuding, Professor am Kgl. Gymnasium in Wurzen. Nr. 27.

Germanische Mythologie von Dr. E. Mogk, Prof. an der Univ. Leipzig. Nr. 15.

Die deutsche Heldensage von Dr. Otto Luitpold Jiriczek, Professor an der Universität Münster. Nr. 32.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Pädagogische Bibliothek.

Pädagogik im Grundriß von Professor Dr. W. Rein, Direktor des Pädagogischen Seminars an der Universität in Jena. Nr. 12.

Geschichte der Pädagogik von Oberlehrer Dr. H. Weimer in Wiesbaden. Nr. 145.

Schulpraxis. Methodik der Volksschule von Dr. R. Seyfert, Seminardirektor in Zschopau. Nr. 50.

Das öffentliche Unterrichtswesen Deutschlands in der Gegenwart von Dr. Paul Stötzner, Gymnasialoberlehrer in Zwickau. Nr. 130.

Geschichte des deutschen Unterrichtswesens von Professor Dr. Friedrich Seiler, Direktor des Königlichen Gymnasiums zu Luckau. I: Von Anfang an bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Nr. 275.

— II: Vom Beginn des 19. Jahrhunderts bis auf die Gegenwart. Nr. 276.

Das deutsche Fortbildungsschulwesen nach seiner geschichtlichen Entwicklung und in seiner gegenwärtigen Gestalt von H. Sierds, Direktor der städt. Fortbildungsschulen in Heide i. Holstein. Nr. 392.

Die deutsche Schule im Auslande von Hans Amrhein, Direktor der deutschen Schule in Lüttich. Nr. 259.

Zeichenschule von Professor K. Kimmich in Ulm. Mit 18 Tafeln in Ton-, Farben- u. Golddruck u. 200 Voll- u. Textbildern. Nr. 39.

Bewegungsspiele von Dr. E. Kohlrausch, Prof. am Kgl. Kaiser Wilhelms-Gymnasium zu Hannover. Mit 14 Abbildungen. Nr. 96.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Kunst.

Geschichte der Malerei I. II. III. IV. V. von Dr. Rich. Muther, Prof. an der Universität Breslau. Nr. 107—111.

Stilkunde von Prof. Karl Otto Hartmann in Stuttgart. Mit 7 Vollbildern und 195 Textillustrationen. Nr. 80.

Die Baukunst des Abendlandes von Dr. K. Schäfer, Assistent am Gewerbemuseum in Bremen. Mit 22 Abbildungen. Nr. 74.

Die Plastik des Abendlandes von Dr. Hans Stegmann, Konservator am German. Nationalmuseum zu Nürnberg. Mit 23 Tafeln. Nr. 116.

Die Plastik seit Beginn des 19. Jahrhunderts von A. Heilmeyer in München. Mit 41 Vollbildern auf amerikanischem Kunstdruckpapier. Nr. 321.

Die graphischen Künste v. Carl Kampmann, Fachlehrer an der k. k. Graphischen Lehr- u. Versuchsanstalt in Wien. Mit zahlreichen Abbild. u. Beilagen. Nr. 75.

Die Photographie von H. Keßler, Prof. an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Tafeln und 52 Abbildungen. Nr. 94.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Musik.

Allgemeine Musiklehre von Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 220.

Musikalische Akustik von Dr. Karl L. Schäfer, Dozent an der Universität Berlin. Mit 35 Abbildungen. Nr. 21.

Harmonielehre von A. Halm. Mit vielen Notenbeilagen. Nr. 120.

Musikalische Formenlehre (Kompositionslehre) von Stephan Krehl. I. II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149, 150.

Kontrapunkt. Die Lehre von der selbständigen Stimmführung von Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 390.

Musikästhetik von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. Nr. 344.

Geschichte der alten und mittelalterlichen Musik von Dr. A. Möhler. Mit zahlreichen Abbildungen und Musikbeilagen. I. II. Nr. 121, 347.

Musikgeschichte des 17. u. 18. Jahrhunderts v. Dr. K. Grunsky i. Stuttgart. Nr. 239.

— **seit Beginn des 19. Jahrhunderts** von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. I. II. Nr. 164, 165.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Land- und Forstwirtschaft.

Ackerbau- und Pflanzenbaulehre von Dr. Paul Rippert in Berlin und Ernst Langenbeck in Bochum. Nr. 232.

Landwirtschaftliche Betriebslehre von Ernst Langenbeck in Bochum. Nr. 227.

Allgemeine und spezielle Tierzuchtlehre von Dr. Paul Rippert in Berlin. Nr. 228.

Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.

Das agrikulturchemische Kontrollwesen v. Dr. Paul Krische in Göttingen. Nr. 304.

Fischerei und Fischzucht von Dr. Karl Eckstein, Prof. an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 159.

Forstwissenschaft von Dr. Ad. Schwappach, Prof. an der Forstakadem. Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation d. forstlichen Versuchswesens. Nr. 106.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Handelswissenschaftliche Bibliothek.

Buchführung in einfachen und doppelten Posten von Robert Stern, Oberlehrer der Öffentlichen Handelslehranstalt und Dozent der Handelshochschule zu Leipzig. Mit Formularen. Nr. 115.

Deutsche Handelskorrespondenz von Prof. Th. de Beaux, Officier de l'Instruction Publique, Oberlehrer a. D. an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Lektor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 182.

Französische Handelskorrespondenz von Professor Th. de Beaux, Officier de l'Instruction Publique, Oberlehrer a. D. an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Lektor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 183.

Englische Handelskorrespondenz von E. E. Whitfield, M.-A., Oberlehrer am King Edward VII Grammar School in Kings Lynn. Nr. 237.

Italienische Handelskorrespondenz von Professor Alberto de Beaux, Oberlehrer am Königlichen Institut SS. Annunziata zu Florenz. Nr. 219.

Spanische Handelskorrespondenz v. Dr. Alfredo Nadal de Mariezcurrena. Nr. 295.

Russische Handelskorrespondenz von Dr. Th. v. Kawraysky in Leipzig. Nr. 315.

Kaufmännisches Rechnen von Prof. Richard Just, Oberlehrer an d. Öffentlichen Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. 3 Bde. Nr. 139, 140, 187.

Warenkunde von Dr. Karl Hassack, Professor an der Wiener Handelsakademie. I: Unorganische Waren. Mit 40 Abbildungen. Nr. 222.

— **II:** Organische Waren. Mit 36 Abbildungen. Nr. 223.

Drogenkunde von Rich. Dorstewitz in Leipzig und Georg Ottersbach in Hamburg. Nr. 413.

Maß-, Münz- und Gewichtswesen von Dr. Aug. Blind, Professor an der Handelsschule in Köln. Nr. 283.

Das Wechselwesen von Rechtsanwalt Dr. Rudolf Mothes in Leipzig. Nr. 103.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung. Siehe auch „Volkswirtschaftliche Bibliothek". Ein ausführliches Verzeichnis der außerdem im Verlage der G. J. Göschen'schen Verlagshandlung erschienenen handelswissenschaftlichen Werke kann durch jede Buchhandlung kostenfrei bezogen werden.

Militärwissenschaftliche Bibliothek.

Das moderne Feldgeschütz. I: Die Entwicklung des Feldgeschützes seit Einführung des gezogenen Infanteriegewehrs bis einschließlich der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1850—1890, v. Oberstleutnant W. Heydenreich, Militärlehrer an der Militärtechn. Akademie in Berlin. Mit 1 Abbild. Nr. 306.

— II: Die Entwicklung des heutigen Feldgeschützes auf Grund der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1890 bis zur Gegenwart, von Oberstleutnant W. Heydenreich, Militärlehrer an der Militärtechn. Akademie in Berlin. Mit 11 Abbildungen. Nr. 307.

Die modernen Geschütze der Fußartillerie. I: Vom Auftreten der gezogenen Geschütze bis zur Verwendung des rauchschwachen Pulvers 1850—1890 von Mummenhoff, Major beim Stabe des Fußartillerie-Regiments, Generalfeldzeugmeister (Brandenburgisches Nr. 3). Mit 50 Textbildern. Nr. 334.

— II: Die Entwicklung der heutigen Geschütze der Fußartillerie seit Einführung des rauchschwachen Pulvers 1890 bis zur Gegenwart. Mit 33 Textbildern. Nr. 362.

Die Entwicklung der Handfeuerwaffen seit der Mitte des 19. Jahrhunderts und ihr heutiger Stand von G. Wrzodek, Oberleutnant im Inf.-Regt. Freiherr Hiller von Gärtringen (4. Posensches) Nr. 59 und Assistent der Königl. Gewehrprüfungskommission. Mit 21 Abbildungen. Nr. 366.

Militärstrafrecht von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. an der Universität Straßburg i. E. 2 Bände. Nr. 371, 372.

Deutsche Wehrverfassung von Karl Endres, Kriegsgerichtsrat bei dem Generalkommando des Kgl. bayr. II. Armeekorps in Würzburg. Nr. 401.

Die Seemacht in der deutschen Geschichte von Wirkl. Admiralitätsrat Dr. Ernst von Halle, Prof. an der Universität Berlin. Nr. 370.

Verschiedenes.

Bibliotheks- und Zeitungswesen.

Volksbibliotheken (Bücher- und Lesehallen), ihre Einrichtung und Verwaltung von Emil Jaeschke, Stadtbibliothekar in Elberfeld. Nr. 332.

Das deutsche Zeitungswesen v. Dr. Robert Brunhuber in Köln a. Rh. Nr. 400.

Das moderne Zeitungswesen (System der Zeitungslehre) von Dr. Robert Brunhuber in Köln a. Rh. Nr. 320.

Allgemeine Geschichte des Zeitungswesens von Dr. Ludwig Salomon in Jena. Nr. 351.

Hygiene und Pharmazie.

Die Infektionskrankheiten und ihre Verhütung von Stabsarzt Dr. W. Hoffmann in Berlin. Mit 12 vom Verfasser gezeichneten Abbildungen und einer Fiebertafel. Nr. 327.

Tropenhygiene von Med.-Rat Prof. Dr. Nocht, Direktor des Institutes für Schiffs- u. Tropenkrankheiten in Hamburg. Nr. 369.

Die Hygiene des Städtebaus von H. Chr. Nußbaum, Prof. an der Techn. Hochschule in Hannover. Mit 30 Abbildungen. Nr. 348.

Die Hygiene des Wohnungswesens von H. Chr. Nußbaum, Prof. an der Techn. Hochschule in Hannover. Mit 20 Abbildungen. Nr. 363.

Gewerbehygiene von Geh. Medizinalrat Dr. Roth in Potsdam. Nr. 350.

Pharmakognosie. Von Apotheker F. Schmitthenner, Assistent am Botan. Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe. Nr. 251.

Drogenkunde von Rich. Dorstewitz in Leipzig u. Georg Ottersbach in Hamburg. Nr. 413.

Photographie.

Die Photographie. Von H. Keßler, Prof. an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Taf. und 52 Abbild. Nr. 94.

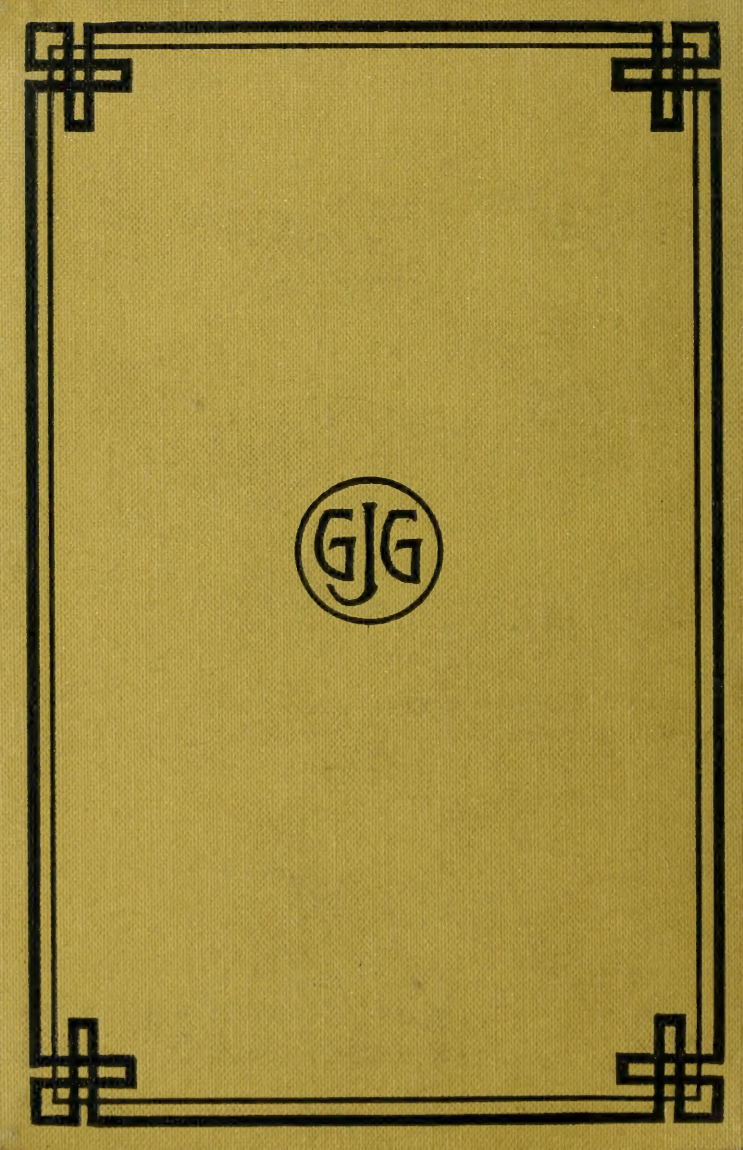
Stenographie.

Stenographie nach dem System von F. X. Gabelsberger von Dr. Albert Schramm, Mitglied des Kgl. Stenogr. Instituts Dresden. Nr. 246.

Die Redeschrift des Gabelsbergerschen Systems von Dr. Albert Schramm, Landesamtsassessor in Dresden. Nr. 368.

Lehrbuch der Vereinfachten Deutschen Stenographie (Einig.-System Stolze-Schrey) nebst Schlüssel, Lesestücken u. einem Anhang von Dr. Amsel, Oberlehrer des Kadettenhauses Oranienstein. Nr. 86.

☛ **Weitere Bände dieser einzelnen Abteilungen sind in Vorbereitung.**


GJG